Sabe-se que o estudo da estabilidade se baseia no estudo das raízes da equação:

$$\Delta(p) = \begin{vmatrix} p^2 + a_1 p + b_1 & -(A_1 p + B_1) \\ -(A_2 p + B_2) & p^2 + a_2 p + b_2 \end{vmatrix} = 0 \tag{10}$$

raízes que devem ter as suas partes reais todas negativas.

Desenvolvendo o determinante de (10) obtém-se a equação do quarto grau:

$$p^4 + \alpha_1 p^3 + \alpha_2 p^2 + \alpha_3 p + \alpha_4 = 0 \tag{11}$$

com

$$\begin{cases} \alpha_1 = -2\pi \left[\frac{1}{T_1}\left(\frac{1}{h_{10}} - 2 p_{10}\right) + \frac{1}{T_2}\left(\frac{1}{h_{20}} - 2 p_{20}\right)\right] \\ \alpha_2 = 4\pi^2 \left\{ \frac{1}{T_1^2}\left(1 - \frac{2 p_{10}}{h_{10}}\right) + \frac{1}{T_2^2}\left(1 - \frac{2 p_{20}}{h_{20}}\right) + \frac{2}{T_1 T_2}\left[2 p_{10} p_{20} - \left(\frac{p_{10}}{h_{20}} + \frac{p_{20}}{h_{10}}\right)\right]\right\} \end{cases} \tag{12}$$

$$\begin{cases} \alpha_3 = -\frac{8\pi^3}{T_1 T_2}\left[\frac{1}{T_1}\left(\frac{1}{h_{20}} - 2 p_{20} + \frac{4 p_{10} p_{20}}{h_{10}}\right) + \frac{1}{T_2}\left(\frac{1}{h_{10}} - 2 p_{10} + \frac{4 p_{10} p_{20}}{h_{20}}\right)\right] \\ \alpha_4 = \frac{16\pi^4}{T_1^2 T_2^2}\left[1 - 2\left(\frac{p_{10}}{h_{10}} + \frac{p_{20}}{h_{20}}\right)\right] \end{cases} \tag{12}$$

As condições necessárias e suficientes para que (11) tenha as raízes com as partes reais negativas, isto é para que o sistema físico estudado seja estável, são então (condições de Routh):

$$\begin{cases} \alpha_1 > 0 \ , \ \alpha_2 > 0 \ , \ \alpha_3 > 0 \ , \ \alpha_4 > 0 \\ \Gamma = \alpha_3^2 - \alpha_1(\alpha_2 \alpha_3 - \alpha_1 \alpha_4) < 0 \end{cases} \tag{13}$$

Como o problema comporta um grande número de parâmetros, o estudo geral das condições (13) a partir dos valores (12) é muito complicado, mas a passagem aos valores numéricos permite levar o cálculo até ao fim em todos os casos.

Observação — Para o caso em que fosse interessante conservar as características absolutas do sistema físico, damos a seguir e sem explicitar os cálculos, os valores dos coeficientes α_i:

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{2g}{Q_o}\left[P_{10}\frac{f_1}{L_1} + P_{20}\frac{f_2}{L_2}\right] - \frac{Q_o}{H_o}\left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}\right) \\ \alpha_2 = 4 g^2 \frac{P_{10} P_{20}}{Q^2} \cdot \frac{f_1}{L_1} \cdot \frac{f_2}{L_2} - \frac{2g}{H_o}\left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}\right)\left(P_{10}\frac{f_1}{L_1} + P_{20}\frac{f_2}{L_2}\right) + g\left(\frac{f_1}{L_1 F_1} + \frac{f_2}{L_2 F_2}\right) \end{cases} \tag{14}$$

$$\begin{cases} \alpha_3 = \frac{2g^2}{Q_o} \cdot \frac{f_1}{L_1} \cdot \frac{f_2}{L_2}\left[\frac{P_{10}}{F_2} + \frac{P_{20}}{F_1}\right] - \frac{g Q_o}{F_1 F_2 H_o}\left[\frac{f_2}{L_2} + \frac{f_1}{L_1}\right] - \frac{4 g^2 P_{10} P_{20}}{H_o Q_o}\frac{f_1}{L_1} \cdot \frac{f_2}{L_2}\left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}\right) \\ \alpha_4 = \frac{g^2 f_1 f_2}{F_1 F_2 L_1 L_2}\left(1 - \frac{2 P_{10}}{H_o} - \frac{2 P_{20}}{H_o}\right) \end{cases} \tag{14}$$

3. *Primeira observação.*

A condição $\alpha_4 > 0$ arrasta a *condição necessária:*

$$\frac{p_{10}}{h_{10}} + \frac{p_{20}}{h_{20}} < \frac{1}{2} \tag{15}$$

que é amplamente satisfeita na prática.

Sabe-se que no caso duma única chaminé de equilíbrio a condição de Thoma fixa um limite inferior para a secção horizontal da chaminé.

No nosso caso obtém-se uma condição análoga escrevendo $\alpha_1 > 0$. A partir das fórmulas (14), obtém-se:

$$\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} < \frac{2gH_0}{Q_0^2}\left[P_{10}\frac{f_1}{L_1} + P_{20}\frac{f_2}{L_2}\right] \tag{16}$$

Se se notar que as secções limites de Thoma, relativas aos sistemas a montante e a jusante considerados independentemente, são dadas respectivamente pelas expressões:

$$F_{10} = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q_0}{f_1}\right)^2 \frac{L_1 f_1}{H_0 P_{10}}$$

$$F_{20} = \frac{1}{2g}\left(\frac{Q_0}{f_2}\right)^2 \frac{L_2 f_2}{H_0 P_{20}}$$

vê-se que a condição (16) pode ainda escrever-se:

$$\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} < \frac{1}{F_{10}} + \frac{1}{F_{20}} \tag{16'}$$

Então, se os dois sistemas satisfazem à condição de Thoma que lhes é própria ($F_1 > F_{10}$, $F_2 > F_{20}$), a condição necessária (16) é verificada.

Contudo esta dupla verificação da condição de Thoma não é suficiente para garantir a estabilidade.

Com efeito, se as duas chaminés estão cada uma no limite da sua condição de Thoma própria, o sistema físico é instável [1]. Com efeito, tem-se então:

$$\frac{1}{h_{10}} - 2\,p_{10} = 0 \qquad \frac{1}{h_{20}} - 2\,p_{20} = 0 \tag{17}$$

Nestas condições α_3 reduz-se a um valor sempre negativo:

$$\alpha_3 = -\frac{8\pi^3}{T_1 T_2} \cdot 4\,p_{10}\,p_{20}\left(\frac{1}{T_1 h_{10}} + \frac{1}{T_2 h_{20}}\right)$$

Resulta daí que as duas condições de Thoma:

$$\frac{1}{h_{10}} - 2\,p_{10} \leqslant 0 \qquad \frac{1}{h_{20}} - 2\,p_{20} \leqslant 0$$

não são suficientes, mas é necessário que pelo menos uma das chaminés satisfaça à condição de Thoma, como o mostra imediatamente a condição (16').

4. *Segunda observação.*

No caso da altura de queda ser suficientemente grande para que a influência das oscilações da superfície livre nas duas chaminés de equilíbrio seja desprezável, o sistema é evidentemente sempre estável.

---

[1] Esta propriedade é geral pois que $-\alpha_1$ é a soma das raízes da equação (11). Se esta soma é nula, tem-se também $R(\Sigma\, p_i) = 0$ e existem forçosamente raízes com as partes reais positivas.

É interessante mostrar que as condições (13) põem em evidência esse resultado. Suponhamos, com efeito, que se tem

$$\frac{1}{h_{10}} = 0 \qquad \frac{1}{h_{20}} = 0$$

deduz-se daí:

$$\alpha_1 = 4\,\pi \left(\frac{p_{10}}{T_1} + \frac{p_{20}}{T_2} \right) \qquad > 0$$

$$\alpha_2 = 4\,\pi^2 \left(\frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} + \frac{4\,p_{10}\,p_{20}}{T_1\,T_2} \right) \qquad > 0$$

$$\alpha_3 = \frac{16\,\pi^3}{T_1\,T_2} \left(\frac{p_{20}}{T_1} + \frac{p_{10}}{T_2} \right) \qquad > 0$$

$$\alpha_4 = \frac{16\,\pi^4}{T_1^2\,T_2^2} \qquad > 0$$

e depois de efectuados os cálculos:

$$\Gamma = \alpha_3^2 - \alpha_1\,(\alpha_2\,\alpha_3 - \alpha_1\,\alpha_4)$$

$$= -\frac{256\,\pi^6}{T_1\,T_2} \left\{ p_{10}\,p_{20} \left(\frac{1}{T_1^2} - \frac{1}{T_2^2} \right)^2 + \frac{4\,p_{10}\,p_{20}}{T_1\,T_2} \left[p_{10}\,p_{20} \left(\frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} \right) + \frac{p_{10}^2 + p_{20}^2}{T_1\,T_2} \right] \right\}$$

ou:

$$\Gamma = \alpha_3^2 - \alpha_1\,(\alpha_2\,\alpha_3 - \alpha_1\,\alpha_4) < 0$$

CAPÍTULO III

APLICAÇÃO

Para um projecto determinado começar-se-á por calcular as secções F_1 e F_2 a dar às chaminés de equilíbrio de montante e de jusante, sem se preocupar com o problema da estabilidade, tendo apenas em conta a limitação da amplitude das oscilações a um valor conveniente.

Obter-se-á assim um sistema determinado de valores de:

$$Q_0$$

$$L_1\,,\ f_2\,,\ P_{20}\,,\ F_1\,,\ Z_{1*}\,,\ T_1$$

$$L_2\,,\ f_2\,,\ P_{20}\,,\ F_2\,,\ Z_{2*}\,,\ T_2$$

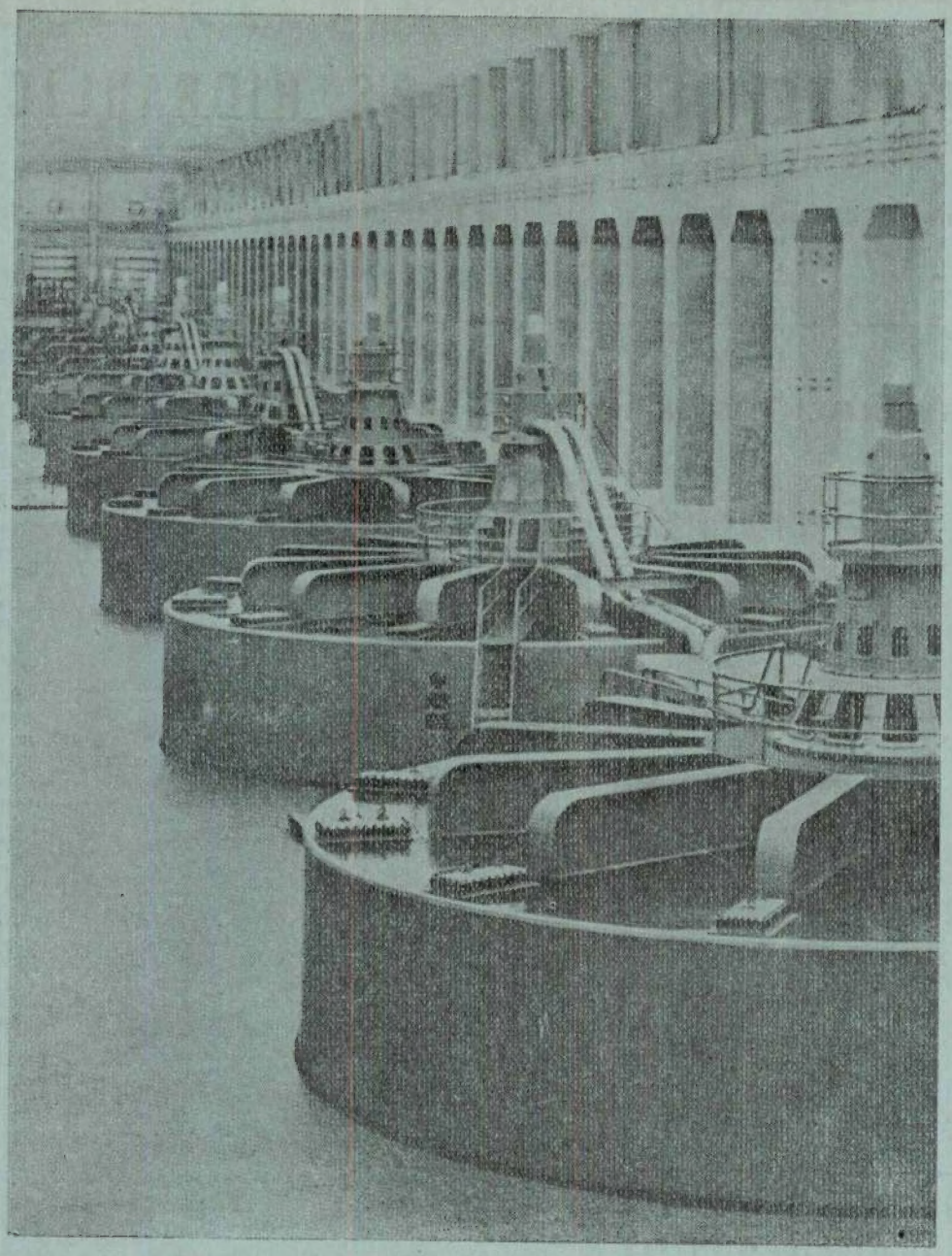
Faltará verificar que as cinco condições de estabilidade:

$$\alpha_1 > 0 \qquad \alpha_2 > 0 \qquad \alpha_3 > 0 \qquad \alpha_4 > 0 \qquad \Gamma < 0$$

são satisfeitas.

No caso em que não fosse assim conviria recomeçar o cálculo partindo de valores superiores das secções F_1 e F_2.

Quisemos ter uma ideia, em diversos casos particulares, dos valores limites H_{OL} da queda de regime permanente H_O, abaixo dos quais o sistema se torna instável e compa-



A GENERAL ELECTRIC NO CAMPO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Central Hidro-Eléctrica contendo 10 grupos com alternadores verticais GENERAL ELECTRIC de 60 000 KVA, cada, instalada na barragem de Bonneville, no Rio Columbia, Estado de Oregon, E. U. A.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

LISBOA

Rua do Norte, 5

FILIAL NO PORTO

R. Sá da Bandeira, 585

GABINETE DE ESTUDOS HIDRÁULICOS

ORGANIZADO EM 1945

Telefones 4 5451 e 5 3873 — Rua Rodrigo da Fonseca, 62-4.º D.to — LISBOA

ABASTECIMENTOS de ÁGUA

Direcção do
Eng.º Ferreira Chaves

Alguns trabalhos realizados:

Abastecimento de Água de Setúbal.

Ampliação do Abastecimento de Água do Funchal (Plano Geral).

CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS
SONDAGENS

Direcção do
Eng.º Augusto Cavaco

Alguns trabalhos realizados:

Estação de Valada (Comp.ª das Águas de Lisboa)

Captações do Canário (S. Miguel — Açores).

TRABALHOS MARÍTIMOS
FUNDAÇÕES

Direcção do
Eng.º Vasco Costa

Alguns trabalhos realizados:

Estudo de obras acostáveis (Figueira da Foz e S. Tomé).

Fundação flutuante sobre lôdos (Sacavém).

APROVEITAMENTOS
HIDRO-AGRÍCOLAS
E
HIDRO-ELÉCTRICOS

—

"APAGEL"

Direcção do
Eng.º Barrancos Vieira

Alguns trabalhos realizados:

Rega (projectos e execução):

Aprov. Hidro-Agrícola de Vale de Moura (Rega de 250 ha).

Aprov. Hidro-Agrícola de Mercês (Rega de 40 ha).

Energia (projectos):

Aprov. Hidro-Eléctrico do Biópio (Angola).

Obras de Derivação e Central Subterrânea de Salamonde (Cávado).

rar esses valores com os das alturas limites H_{OL_1} e H_{OL_2} dadas pela condição de Thoma para o sistema de chegada, por um lado (H_{OL_1}) e para o sistema de fuga por outro (H_{OL_2}.)

Para isso partimos dos seguintes elementos, mantidos constantes:

$$Q_0 = 20 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

$L_1 = 1000$ m	$L_2 = 700$ m
$f_1 = 10$ m²	$f_2 = 10$ m²
$F_1 = 40{,}8$ m²	$F_2 = 79{,}3$ m²
$Z_{1*} = 10$ m	$Z_{2*} = 6$ m

e calculámos H_{OL}, H_{OL_1}, H_{OL_2} para 5 grupos diferentes de valores das perdas de carga P_{10}, P_{20} ou ainda, em valores relativos p_{10}, p_{20}.

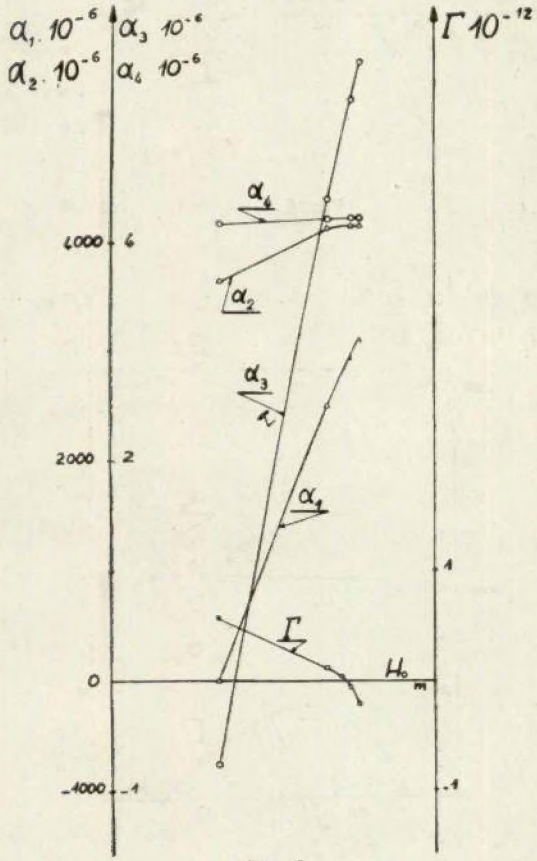


Fig. 2

Caso N.º	P_{10} m	P_{20} m	p_{10}	p_{20}
1	1	0,36	0,10	0,06
2	0,91	0,36	0,091	0,06
3	0,833	0,36	0,0833	0,06
4	0,70	0,36	0,070	0,06
5	0,50	0,36	0,050	0,06

As figuras 2, 3, 4, 5, 6 representam as curvas de variação de α_1, α_2, α_3, α_4, Γ e põem em evidência os valores de H_{OL} obtidos em cada caso bem como os de H_{OL_1} e H_{OL_2} calculados por meio da fórmula de Thoma.

O quadro seguinte dá, para cada um dos cinco casos estudados, os valores limites H_{OL}, H_{OL_1}, H_{OL_2}.

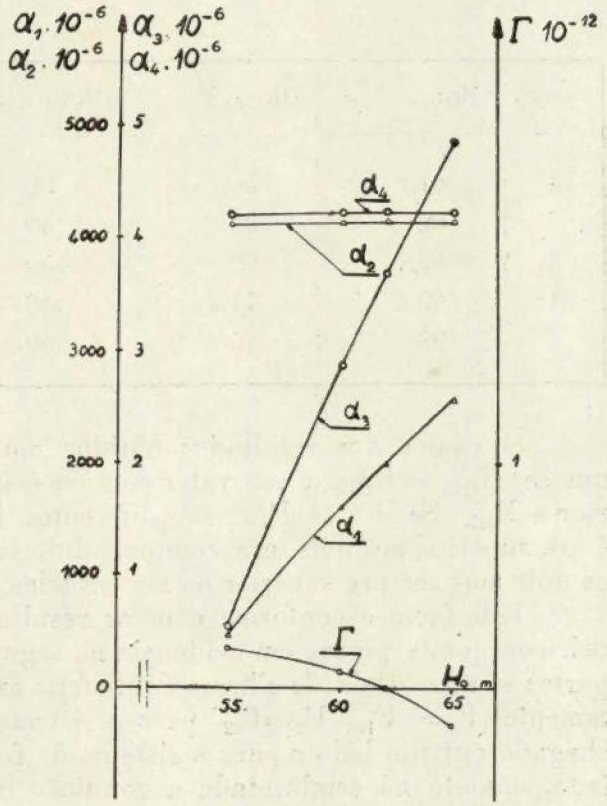


Fig. 3

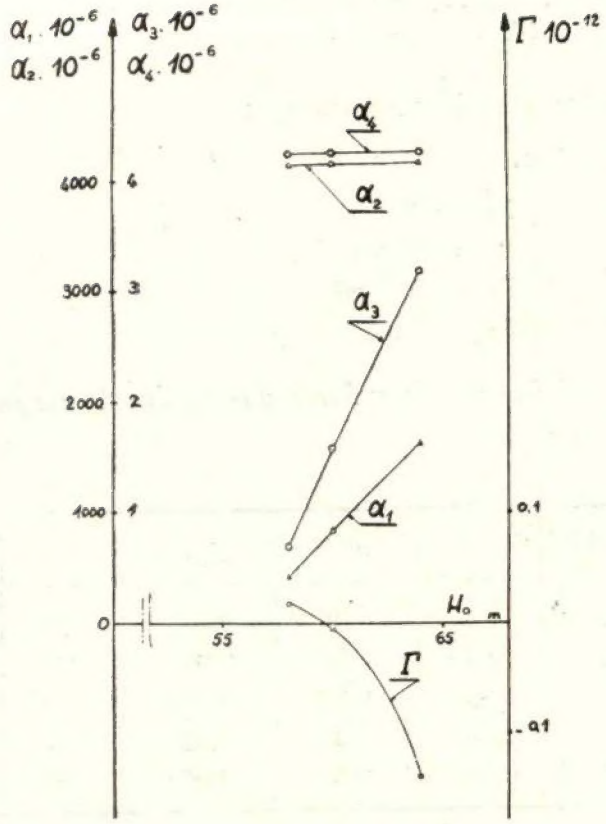


Fig. 4

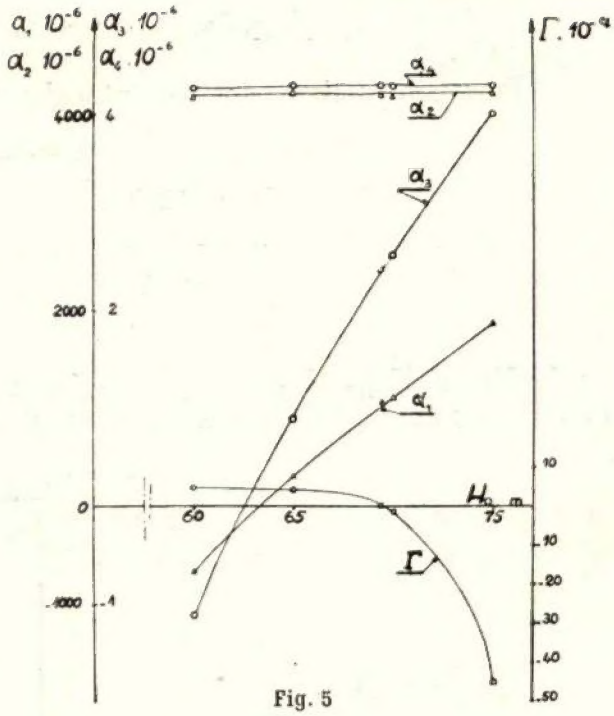


Fig. 5

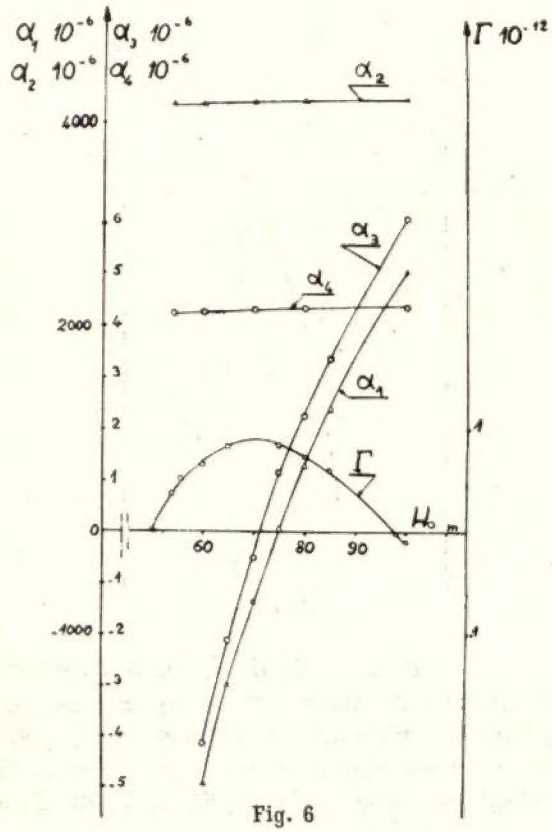


Fig. 6

Caso N.º	H_{OL} m	H_{OL1} m	H_{OL2} m
1	61,8	50	50
2	62	55	50
3	59,7	60	50
4	69,5	71,4	50
5	98	100	50

O exame dos resultados obtidos mostra que se $H_{OL1} = H_{OL2}$ o seu valor comum é inferior a H_{OL}. Se H_{OL1} e H_{OL2} são diferentes, H_{OL} é ora superior aos dois, ora compreendido entre os dois mas sempre superior ao menor deles.

Este facto é conforme com os resultados teóricos gerais postos em evidência na segunda parte: se a condição de Thoma é satisfeita exactamente ($F_1 = F_{10}$, $F_2 = F_{02}$) para o sistema de chegada por um lado e para o sistema de fuga por outro, não há estabilidade; por outro lado, quando há estabilidade a condição de Thoma é amplamente satisfeita pelo menos para um dos sistemas.

C. D. 624.13.001.57:531.312.5

SIMILARITY CONDITIONS IN MODEL STUDIES OF SOIL MECHANICS PROBLEMS [1]

by MANUEL ROCHA

Chief Research Engineer, 2nd Department,
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon

SYMBOLS

c — cohesion

E — modulus of deformability

f — total stress (vector) applied on the outer surface

$\bar{f}$ — effective stress (vector) applied on the outer surface

F — force (vector) applied on the outer surface

K — coefficient of permeability

L — length

n — porosity

r — stress (vector) applied by a supporting member (reaction)

R — force (vector) applied by a supporting member (reaction)

S — boundary-surface of a volume

t — total stress (vector)

$\bar{t}$ — effective stress (vector)

u — neutral stress (vector)

v — neutral stress (vector) applied on the outer surface

V — volume

Z — elevation of a point

δ — displacement of a point (vector)

ε — strain

θ — time instant

γ — unit weight of solid phase (dry weight)

γ_w — unit weight of liquid phase

ν — Poisson's ratio

σ — total normal stress

$\bar{\sigma}$ — effective normal stress

τ — shearing stress

φ — angle of internal friction

ψ — angle

Wherever they occur, subscripts m and p stand for model and prototype respectively. The scale factors are denoted by:

$\frac{1}{\alpha} = \frac{t_m}{t_p}$ or $\frac{\bar{t}_m}{\bar{t}_p}$ or $\frac{u_m}{u_p}$ — stress scale

$\frac{1}{\beta} = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_p}$ — strain scale

$\frac{1}{\xi} = \frac{\delta_m}{\delta_p}$ — displacement scale

$\frac{1}{\lambda} = \frac{L_m}{L_p}$ — length scale

$\frac{1}{\mu} = \frac{K_m}{K_p}$ — scale factor of the coefficient of permeability

$\frac{1}{\rho} = \frac{\gamma_m}{\gamma_p}$ — scale factor of the unit weight of the solid phase

$\frac{1}{\rho_w} = \frac{\gamma_{wm}}{\gamma_{wp}}$ — scale factor of the unit weight of the liquid phase

$\frac{1}{\tau} = \frac{\theta_m}{\theta_p}$ — time scale

---

(1) Este artigo é o primeiro de uma série de três que vão ser distribuídos como separata da «Técnica» aos membros do Congresso da Associação Internacional de Mecânica dos Solos, o qual tem lugar em Zurich no próximo mês de Agosto. Os seus autores pediram a sua publicação em inglês por ser esta uma das línguas oficiais do Congresso.

1 — **Introduction.** — The present paper deals with the conditions of mechanical similarity which must be satisfied by models used in predicting the behaviour of soil masses possessing any properties and subjected to any conditions of loading. Therefore the requirements are presented which should be met by scale models as regards shape, materials and loads, so as to enable the behaviour of a prototype to be predicted from the observation of a model [1].

As well as analytical methods of Soil Mechanics are based on a simplification of the conditions which occur in real structures, every model test requires that certain simplifying assumptions be previously made on the characteristics of the prototype, particularly on the properties of its materials.

One of the basic difficulties encountered in solving problems of Soil Mechanics lies in the fact that the properties of soils change erratically from a point to another. This may give rise to doubts as to whether model studies of soil problems are worth while, since that variaton cannot, on account of its nature, be reproduced in one model. That is to say, the little accuracy which, as a rule, can be assigned to the magnitudes that define the properties of soils, might cause the accuracy of the analytical methods in Soil Mechanics to be regarded as satisfactory in all cases.

It should be noted, however, that in Soil Mechanics we generally have to make assumptions wich radically simplify the real phenomena, if the problems which arise to the engineer are to be solved.

Thus in spite of soils having to be regarded as systems consisting of two phases, namely the solid and the fluid ones, what really happens is that, apart from the theory of consolidation, the treatment of every problem in Soil Mechanics disregards the actual interactions between the two phases. As a matter of fact, one of the following extreme assumptions is made: the loads are either supposed to act on the soil mass so rapidly that there is no time for the fluid phase to start flowing, or assumed to act so slowly that the excess neutral stress can always be neglected. But what in most cases should actually be considered are intermediate stages.

With regard to the theory of consolidation, it pratically deals with the problem of one-dimensional flow only, whereas two-dimensional and three-dimensional flow problems occur more frequently in practice.

As regards the stress-strain relationships, the consideration of extreme radically simplifying hypotheses is also required in Soil Mechanics. In fact, either this relationship is assumed to be linear, so that the results of the Theory of Elasticity may be applied, or the deformations are assumed to be perfectly plastic (deformations increasing under a state of constant stress), so that the poor results of the Theory of Plasticity can be used. But in reality the soil masses are in most cases in a state of strain actually requiring that a non-linear stress-strain relationship be considered, thereby giving rise to analytical difficulties which cannot generally be overcome.

Again, there is only very little possibility of treating analytically the soil masses which possess a regular heterogeneity, e. g., stratification or regular anisotropy, which are very commonly encountered.

Finally, it should be noted that Soil Mechanics is generally dependent on considering its problems as two-dimensional equilibriums, which often is a rather rough procedure.

Beside the general simplifying assumptions briefly referred to above, Soil Mechanics still has to make simplifying assumptions of particular scope, such as those on the shape of the soil mass, the kind of load, etc., for each particular problem.

Therefore, it is easily understood that the order of accuracy of the results is often unsatisfactory; this will happen especially in the case of soil masses whose erratic heterogeneity is less important.

In this paper, models are regarded as duplications of real structures whose obser-

[1] On the problem of the use of models in predicting the behaviour of structures, see author's «Dimensionnement Expérimental des Constructions», Ann. de l'Inst. Techn. du Bât. et des Trav. Publ., No. 235, Febr. 1952.

vation enables the behaviour of the prototypes to be predicted by applying laws of mechanical similarity. It should be noted that, if it is possible to construct models affording a fairly true reproduction of reality, they will even be a valuable aid in determining the very laws that govern the phenomena which come into play. The advantages of using models for this purpose are, firstly, those involved by experiment, i.e., the ability to vary the conditions according to what is deemed desirable, and secondly, the savings obtained whenever it is possible to construct small-sized models.

The need for an observation of the real behaviour of structures, which nowadays is recognized to be one of the basic tasks to be undertaken, can be partly satisfied by using models.

Whereas models have been used in determining the laws which govern the phenomena, the same no longer applies to the use of models for solving specific practical problems with the aid of the laws of similitude.

The order of accuracy required in adhering to the similarity conditions presented in the following articles varies according to the problem investigated, more especially according to the degree of accuracy required for the results, each particular case having to be juged separately.

2 — **General statement of the problem.** — Consider a prototype formed by a soil possessing any mechanical properties, in a saturaded or unsaturaded state, and suppose we wish to know its behaviour under the influence of a given load system.

The conditions are to be ascertained which should be satisfied by the materials and the loads of a geometrically similar model of scale $\frac{1}{\lambda}$, so that, at given homologous instants θ_m and $\theta_p = \frac{1}{\zeta}\theta_m$, the stresses (total, effective and neutral) on homologous elements of area, the strains of homologous segments and the displacements undergone by homologous points be proportional:

$$\left.\begin{aligned} \bar{t}_m &= \frac{1}{\alpha}\bar{t}_p \\ u_m &= \frac{1}{\alpha}u_p \end{aligned}\right\} \text{ whence } t_m = \frac{1}{\alpha}t_p \qquad (1)$$

$$\varepsilon_m = \frac{1}{\beta}\varepsilon_p$$

$$\delta_m = \frac{1}{\xi}\delta_p$$

where $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$ and $\frac{1}{\xi}$ denote respectively the scale factors for stresses, strains and displacements. If the displacements are small it is obviously $\frac{1}{\xi} = \frac{1}{\lambda\beta}$.

Consider a parallelepiped of the material of the prototype and submit it to a triaxial state of effective stresses, whose values at a given instant θ_p are denoted by $\bar{t}_p$: denote by ε_p the strains of the edges and of the diagonals of the faces of the parallelepiped[1].

If equations (1) are to be satisfied, it follows that, if a parallelepiped of the material of the model is subjected to a system of effective stresses assuming the values $\bar{t}_m = \frac{1}{\alpha}\bar{t}_p$ at the instant $\theta_m = \frac{1}{\zeta}\theta_p$, both the edges and the diagonals of this parallelepiped have to undergo strains $\varepsilon_m = \frac{1}{\beta}\varepsilon_p$[2] at this instant. If the prototype is made out of several materials, $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$ and $\frac{1}{\zeta}$ must assume the same values for the homologous materials[3] of the model.

Should the effective stresses depend on the neutral stresses, the condition to be satisfied by the materials of the model would have, in addition, to hold for $u_m = \frac{1}{\alpha}u_p$.

---

(1) These strains define the state of deformation of the parallelepiped.

(2) The shear deformations undergone by the parallelepipeds will also be governed by the scale factor $\frac{1}{\beta}$.

(3) By homologous materials we mean those of homologous volumes.

Let some samples of homologous materials be submitted to triaxial tests. Hydrostatic effective compressions [1] of scale $\frac{1}{\alpha}$ are first applied, and the samples are allowed to consolidate under the influence of these stresses; then longitudinal effective compressions $\overline{\sigma}_p$ and $\overline{\sigma}_m$ are applied, consolidation also being allowed to take place. Let the final longitudinal strains be denoted by ε_p and ε_m respectively.

The condition stated with respect to the materials of the model requires that the compression diagram for the material of the model $(\overline{\sigma}_m, \varepsilon_m)$ can be obtained from that of the material of the prototype $(\overline{\sigma}_p, \varepsilon_p)$ by multiplying the ordinates and the abscissae by $\frac{1}{\alpha}$ and $\frac{1}{\beta}$ respectively (fig. 1). Particularly, the diagrams for unconfined compression must meet with this requirement.

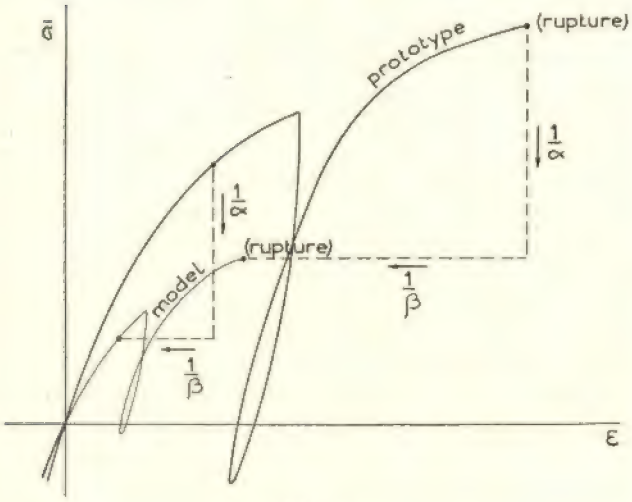


Fig. 1

The moduli of deformability $E_p = \frac{d\,\overline{\sigma}}{d\,\varepsilon_p}$ and $E_m = \frac{d\,\overline{\sigma}_m}{d\,\varepsilon_m}$ at homologous points of the diagrams will thus satisfy the relationship $E_m = \frac{\beta}{\alpha} E_p$.

[1] By hydrostatic effective compression we mean a triaxial state of effective compressive stress whose principal stresses are equal.

Let us now suppose, in a more general manner, that ε_p denotes the strain at an instant θ_p at which the longitudinal stress assumes the value $\overline{\sigma}_p$. Then the same relationship will still have to hold for the diagrams, but, in addition, the longitudinal stresses applied to the material of the model have now to assume the values $\overline{\sigma}_m = \frac{1}{\alpha}\,\overline{\sigma}_p$ at instants $\theta_m = \frac{1}{\zeta}\,\theta_p$.

With regard to the similarity conditions one could be led to try to obtain proportionality for some of the magnitudes only, such as the total stresses, or the effective stresses, or the strains, etc. Nevertheless, as can be concluded from the following sections, what generally happens is that either all the equations (1) are simultaneously satisfied, or none of them is satisfied.

In establishing the similarity conditions, we shall consider the following loads:

- forces acting on the surface of the soil masses
- dead weight
- forces arising from the actions exerted by both phases upon each other, i. e. hydrostatic uplift and forces due to percolation of the fluid phase.

The forces due to capillary phenomena will not be dealt with. However, after the characteristics of these forces have been defined, it will be possible to take them into account by merely following the path we are going to follow regarding the other loads.

3 — Prototype acted upon by surface forces. — This section deals with the case when the prototype is in a state of static equilibrium under the influence of forces which act on its surface. The magnitudes of these forces at the instant θ_p are denoted by F_p; let the corresponding stresses be denoted by f_p. Generally speaking, to f_p it will correspond both a stress $\overline{f}_p$ acting on the solid phase, and a stress v_p acting on the fluid phase, the relationship $f_p = \overline{f}_p + v_p$ being satisfied.

We assume that the initial state of stress of the prototype is zero, i. e., especially, that the action exerted by the dead weight is neglectable as compared with that which will arise from f_p.

To be more specific, suppose we wish to predict the behaviour of a soil mass (fig. 2a) subjected to the loads f_p, which are supported by a retaining wall. The materials of the mass, as well as those of the retaining wall, are assumed to be homogeneous.

per unit volume being given by the well-known equation

$$i_p = \frac{du_p - \gamma_{wp}\, dZ_p}{dL_p} \qquad (2)$$

where dZ_p and du_p denote the variation in elevation and in neutral stress between the end points of an element of length dL_p taken along a flow line (fig. 3), and γ_{wp} denotes the unit weight of the liquid phase.

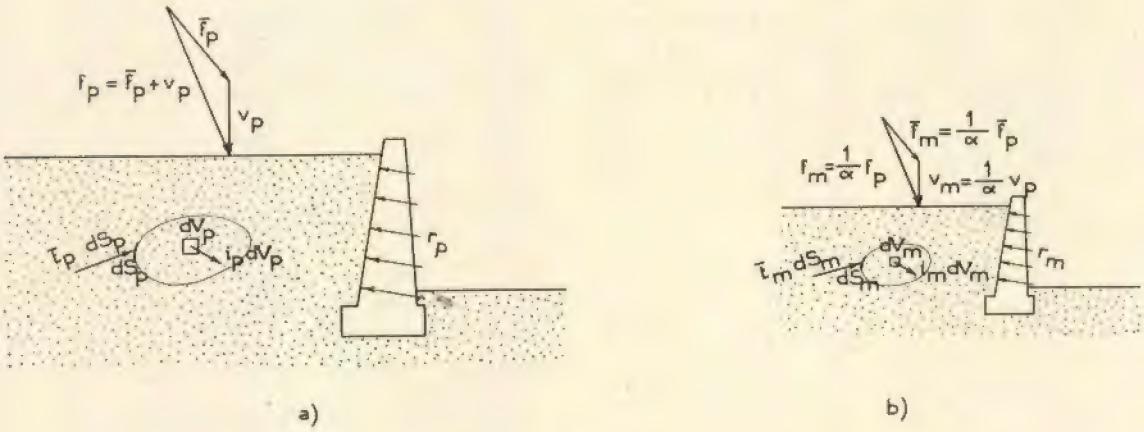


Fig. 2

As a rule, a given soil mass will be externally conected (supported) in some way, and the behaviour of such connections will have to be taken into account. Hence the connections will have either to be reproduced on the model according to similarity as regards both shape and materials, or to be replaced by members capable of undergoing the same displacements under the same loads. We denote by R_p the forces (reactions) exerted by the connections upon the mass, and by r_p the stresses in the common case when such forces are distributed.

We first assume the soil mass to be saturated. Then, in addition to the external surface-forces, we generally have to take account of the percolation forces which are of the body-force type and arise from the percolation of the liquid phase through the solid one. The percolation forces acting on the solid phase have, at every point, the direction of the liquid flow, its magnitude

The actions due to the dead weight have been assumed to be neglectable; hence $i_p = \frac{du_p}{dL_p}$. The flow lines are the orthogonal trajectories of the family of equipotential surfaces represented by $u_p = \text{const.}$

Consider a model of scale $\frac{1}{\lambda}$ (fig. 2b).

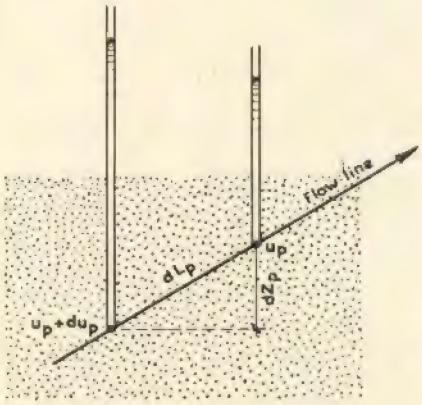


Fig. 3

The materials which reproduce the soil mass and the retaining wall in the model must satisfy the condition stated in the preceding section, in order that equations (1) hold, the values of $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$ and $\frac{1}{\zeta}$ having to be the same for the materials of both soil mass and wall.

Suppose that a scale factor $\frac{1}{\alpha}$ exists for the neutral stresses developed in the model. Seeing that the equipotential surfaces are given by $u_m = \text{const.}$, it follows that the flow lines of the model are geometrically similar to those of the prototype at homologous instants. Hence, the percolation forces will be parallel, their magnitude being given by

$$i_m = \frac{du_m}{dL_m} = \frac{\lambda}{\alpha} i_p$$

If we denote any two homologous elements of volume by dV_m and dV_p, we get

$$i_m \, dV_m = \frac{1}{\lambda^2 \alpha} i_p \, dV_p$$

i.e., the homologous percolation forces $i_m \, dV_m$ and $i_p \, dV_p$ are to scale $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$; it could not be otherwise, since these forces are those which balance the neutral stresses, assumed to be to scale $\frac{1}{\alpha}$.

If the materials met with the requirement referred to in section 2, let us find out whether $\bar{t}_m$, u_m, t_m, ε_m and δ_m as given by (1) can really be the stresses, strains and displacements developed in the model at the instant $\theta_m = \frac{1}{\zeta} \theta_p$.

Let us ascertain whether the conditions to be fulfilled by the magnitudes concerned are actually satisfied for the model:

(a) The effective stresses $\bar{t}_m = \frac{1}{\alpha} \bar{t}_p$ should be capable, together with the percolation forces $i_m dV_m$, of maintaining any volume of the solid phase of the model in a state of equilibrium at the instant θ_m (fig. 2b). In the prototype consider the homologous volume (fig. 2a), which is in a state of equilibrium at the homologous instant θ_p under the action of surface forces $\bar{t}_p dS_p$ and percolation forces $i_p dV_p$. Since it is $\bar{t}_m dS_m = \frac{1}{\lambda^2 \alpha} \bar{t}_p \, dS_p$ and $i_m \, dV_m = \frac{1}{\lambda^2 \alpha} i_p \, dV_p$, i. e., since all the forces acting on the volume considered in the model are reduced by the same scale, say $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$, it follows that the solid phase of the model will be in a state of equilibrium. In the case of large deformations, which occur frequently, equilibrium requires that the model remain geometrically similar to its prototype at homologous instants, i. e., that $\frac{1}{\beta} = 1$; otherwise there will be no equilibrium for a volume of the model under the action of $\bar{t}_m \, dS_m$ and $i_m \, dV_m$.

The stresses $\bar{t}_m$ have further to satisfy the boundary conditions, which require that the stresses on the surface of the solid phase of the model assume the value $\bar{f}_m = \frac{1}{\alpha} \bar{f}_p$ at the instant $\theta_m = \frac{1}{\zeta} \theta_p$.

(b) According to the assumptions made on the properties of the materials, to the stresses $\bar{t}_m = \frac{1}{\alpha} \bar{t}_p$ it will correspond strains $\varepsilon_m = \frac{1}{\beta} \varepsilon_p$ on the elements of volume in which the model is assumed to be divided. These strains have merely to satisfy the condition of compatibility.

Since ε_p satisfies this condition, for it is a field of strains developed on the prototype, so does ε_m, provided the deformations are small, on account of the form of the differential equations of compatibility. To the strains $\varepsilon_m = \frac{1}{\beta} \varepsilon_p$ it will correspond displacements of the magnitude $\delta_m = \frac{1}{\lambda \beta} \delta_p$.

In the case of large deformations the condition of compatibility will still hold if $\frac{1}{\beta} = 1$, and it will be $\delta_m = \frac{1}{\lambda} \delta_p$.

c) As regards the neutral stresses $u_m = \frac{1}{\alpha} u_p$, they will, together with the percolation forces, hold any volume of the liquid phase of the model in a state of equilibrium.

Yet, u_m should satisfy the boundary conditions; this requires that stresses $v_m = \frac{1}{\alpha} v_p$ be applied on the surface of the liquid phase of the model.

d) The interdependence between the deformations of the two phases requires that u_m satisfy the following condition: the quantity of water (fig. 4) which percolates through the surface S_m of any volume V_m of the solid phase during the time $d\theta_m$ must be equal to the volume ΔV_m by which V_m is decreased under the influence of the stresses developed in it.

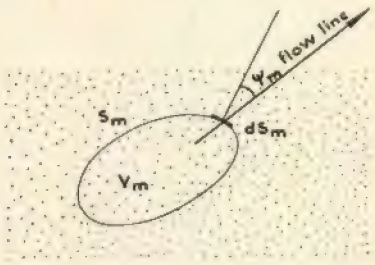


Fig. 4

If the percolation of the liquid phase is assumed to follow Darcy's law, the quantity discharged trough dS_m during the time $d\theta_m$ will be given by

$$K_m \, i_m \, d\theta_m \cos\Psi_m \, dS_m$$

where K_m denotes the coefficient of permeability in the neighbourhood of dS_m, and Ψ_m (fig. 4) the angle between the normal to dS_m and the direction of flow. Hence, it must be

$$\Delta V_m = d\theta_m \int_{S_m} K_m \, i_m \cos\Psi_m \, dS_m$$

If the relations (1) are assumed to hold, we have

$$\Delta V_m = \frac{1}{\lambda^2\beta} \Delta V_p, \quad i_m = \frac{\lambda}{\alpha} i_p \quad \text{and} \quad \Psi_m = \Psi_p$$

Consequently, by introducing these relations in the preceding one, we get

$$\Delta V_p = d\theta_p \int_{S_p} \frac{\lambda^2\beta}{\alpha\,\zeta} K_m \, i_p \cos\Psi_p \, dS_p$$

Since the relationship

$$\Delta V_p = d\theta_p \int_{S_p} K_p \, i_p \cos\Psi_p \, dS_p$$

obviously holds for the prototype, it follows that the similarity conditions (1) will not continue to hold unless

$$K_p = \frac{\lambda^2\beta}{\alpha\,\zeta} K_m$$

This means that the coefficients of permeability at homologous points must be to scale

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\alpha\,\zeta}{\lambda^2\beta}$$

The discharge-velocity scale is therefore

$$\frac{K_m \, i_m}{K_p \, i_p} = \frac{\zeta}{\beta\,\lambda}$$

i. e., the same as that of the velocities of the movement of the solid phase. The seepage-velocity scale is

$$\frac{K_m \, i_m}{K_p \, i_p} \frac{n_p}{n_m} = \frac{\zeta}{\beta\,\lambda} \frac{n_p}{n_m}$$

where n denotes the porosity. Two elements of volume of water initially located at homologous points move along geometrically similar flow-lines, but their positions cease to be homologous as time goes on.

Since the coefficient of permeability at a given point depends on the consolidation it is, accurately speaking, required that the scale factor $\frac{1}{\mu}$ remains unchanged when the homologous materials undergo deformations of scale $\frac{1}{\beta}$. However, it should be noted

that those coefficients cannot but change in same sense, which represents a favourable circumstance.

We have thus taken account of all the conditions to be satisfied by the magnitudes $\bar{t}_m$, u_m, t_m, ε_m and δ_m.

Therefore the following conclusion may be drawn. Consider a model made out of materials adhering to the conditions stated in section 2, and possessing, in addition, coefficients of permeability given by $K_m = \frac{\alpha \tau}{\lambda^2 \beta} K_p$. If stresses $\bar{f}_m = \frac{1}{\alpha} \bar{f}_p$ and $v_m = \frac{1}{\alpha} v_p$ (1), hence $f_m = \frac{1}{\alpha} f_p \left(F_m = \frac{1}{\lambda^2 \alpha} F_p \right)$, are applied to the model at instants $\theta_m = \frac{1}{\tau} \theta_p$, the similarity relationships (1) are satisfied at homologous instants. In the case of large deformations the condition $\frac{1}{\beta} = 1$ must be fulfilled.

The conclusion arrived at still applies in the case when the soil mass is anisotropic.

If the supports of a given soil mass are regarded as a part of the structure under investigation, the reactions r are internal stresses, whence $r_m = \frac{1}{\alpha} r_p \left(R_m = \frac{1}{\lambda^2 \alpha} R_p \right)$. The thrust exerted by the liquid phase upon the unit area of the support is to scale $\frac{1}{\alpha}$. If a given support consists of impervious materials ($K_p = 0$), then it must be $K_m = 0$.

If, on the contrary, the supports are not reproduced in the model with regard to shape and materials, they will have to be replaced by suporting-members any point of which must undergo displacements $\delta_m = \frac{1}{\lambda \beta} \delta_p$ under the influence of stresses $r_m = \frac{1}{\alpha} r_p \left(R_m = \frac{1}{\lambda^2 \alpha} R_p \right)$. The condition relating to permeability has also to be fulfilled.

The soil masses are, as a rule, subjected not to definite values of $\bar{f}_p$ and v_p but to given total stresses f_p applied through such structural elements as footings and the like.

In most cases even the magnitude of f_p is unknown but we know the forces F_p, f_p depending upon the deformability of the structural members by means of which those forces are applied.

Therefore it will also be required, as a rule, that these structural members be reproduced on the model according to the scale factors $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$, $\frac{1}{\tau}$ and $\frac{1}{\mu}$. If they undergo elastic deformations, the material of the model will have to be elastic and to possess a modulus of elasticity given by $E_m = \frac{\beta}{\alpha} E_p$, the magnitudes of α and β corresponding to those of the materials which reproduce the soil mass.

We have first assumed the soil mass to be saturated. If it is not, and if the arising neutral stresses can be neglected ($t_p = \bar{t}_p$), it is unnecessary to take into account the percolation of the fluid phase (water and air) which fills the pores; on the model the neutral stresses have as well to be neglectable ($t_m = \bar{t}_m$), and the condition regarding the coefficients of permeability need not to be considered. Therefore, unlike in the preceding case, the models can be made out of the same materials as those of the prototype $\left(\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\tau} = 1 \right)$, which is generally desirable, since the search for materials satisfying the similarity conditions is thereby avoided.

If the soil mass is not saturated and the fluid phase is subjected to neutral stresses which should be taken into consideration (a case which is seldom encountered), the condition regarding the coefficient of permeability has to be replaced for another taking into account the compressibility of the fluid phase and the law that governs its percolation through the solid phase.

In the case of a soil mass consisting of both saturated and unsaturated parts, it is obvious that there will have to be $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$

(1) Evidently, the contribution of the atmospheric pressure to the stresses v applied on the surface and to the neutral stresses u may be neglected.

and $\frac{1}{2}$ and further, for the saturated part, $\frac{1}{\mu} = \frac{2\alpha}{\lambda^2 \beta}$.

Now suppose that failure occurs on the prototype. The materials of the model have so satisfy the condition stated in section 2 even for states of stress causing failure. The state of effective stress which causes failure has to be to scale $\frac{1}{\alpha}$ and the deformations at failure to scale $\frac{1}{\beta}$ (fig. 1). From the considerations advanced in this section in can be further concluded that similarity does not continue to exist unless the rupture of the parallelepipeds takes place along parallel planes.

If the material slides along a surface of failure, as is usually the case with soils, instead of setting apart (cracking) along it, a further condition has, accurately speaking, to be satisfied, if similarity is to continue to exist even after the beginning of the process of sliding. In fact, when a crack-failure occurs, the requirement for the loads on the edges of the crack being to scale $\frac{1}{\alpha}$ is automatically fulfilled, since those stresses are zero, whereas after the beginning of a slide-failure the materials of the model must be such that, for slides of scale $\frac{1}{\lambda\beta}$ (displacement scale), the stresses be to scale $\frac{1}{\alpha}$. However, this condition is automatically satisfied providing the state of stress is assumed to remain unchanged after a slide has begun (perfectly plastic materials).

Now we will consider the relationships that have to hold between the failure characteristics of homologous materials.

Assume that there is an envelope of the Mohr's circles corresponding to the states of stress observed at consolidated-tests (performed in a given manner) of the material of the prototype; let the curve in fig. 5 be that envelope. As the rupture stresses have to be to scale $\frac{1}{\alpha}$, it follows that an envelope must also exist for the homologous material which should be obtained from the foregoing

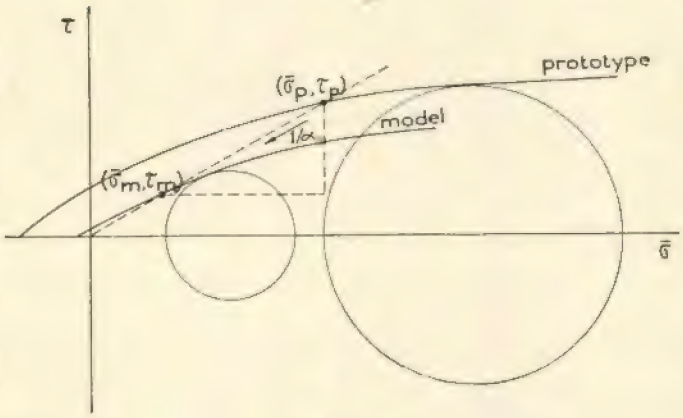


Fig. 5

one by decreasing both coordinates by the scale $\frac{1}{\alpha}$, i. e., $\bar{\sigma}_m = \frac{1}{\alpha}\bar{\sigma}_p$ and $\tau_m = \frac{1}{\alpha}\tau_p$.

If the envelopes are straight lines, the relationships $\varphi_m = \varphi_p$ and $c_m = \frac{1}{\alpha} c_p$ (fig. 6) hold for the apparent angle of internal friction φ and the apparent cohesion c.

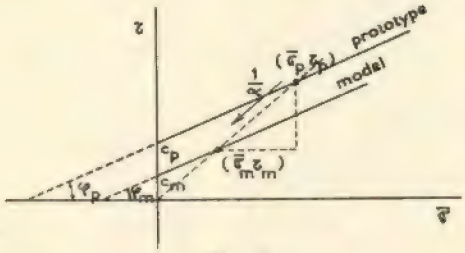


Fig. 6

The foregoing considerations also apply to the cases of quick-tests and consolidated--quick tests. Since both kinds of tests are conducted by applying total stresses of scale $\frac{1}{\alpha}$, it follows that the neutral stresses also have to be to scale $\frac{1}{\alpha}$.

4 — **Prototype acted upon by surface forces and dead weight.** — Now assume that the state of stress arising from the dead weight cannot be neglected. The artificial masses and the natural ones have to be considered separately.

In the case of the artificial masses, if we know the way in which they grow, we know the manner in which are applied the forces whose effects are to be considered. If the similarity conditions (1) are to be satisfied, the materials of the model have to adhere to the condition stated in section 2 and, to speak accurately, the time taken by the construction of the model will have to be to scale $\frac{1}{\tau}$.

To begin with, assume the soil mass to be saturated.

The forces which now have to be considered in the equilibrium of any volume of the solid phase are, in addition to the stresses acting on its surface, the dead weight, the hydrostatic uplift and the percolation forces.

The equilibrium of any volume of the solid phase of the model requires that all the homologous forces be to the same scale as are those applied on its surface, this scale being assumed to be $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$.

Denoting by γ the unit weight of the solid phase and by $\frac{1}{\rho}$ the corresponding scale-factor, the scale of the homologous weights will be given by $\frac{\gamma_m \, d V_m}{\gamma_p \, d V_p} = \frac{1}{\lambda^3 \rho}$. Consequently, it must be $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda \rho}$.

The action exerted by gravity upon the liquid phase gives rise to the hydrostatic uplift. If we denote by γ_w the unit weight of the liquid phase, the hydrostatic uplift per unit volume of soil will be given by $\gamma_w (1-n)$. Any two homologous elements of volume of the solid phase are subjected to hydrostatic uplifts of scale

$$\frac{\gamma_{wm} (1 - n_m)}{\gamma_{wp} (1 - n_p)} \frac{d V_m}{d V_p} = \frac{1}{\lambda^3 \rho_w} \frac{1 - n_m}{1 - n_p},$$

where $\frac{1}{\rho_w}$ denotes the scale of the unit-weight γ_w. It must be $\frac{1}{\lambda^3 \rho_w} \frac{1 - n_m}{1 - n_p} = \frac{1}{\lambda^2 \rho}$, or $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_w} \frac{1 - n_m}{1 - n_p}$.

As regards the percolation forces, their being parallel at homologous points requires that the flow lines be geometrically similar. Since on the prototype these lines are the orthogonal trajectorias of the equipotential surfaces represented by $u_p - \gamma_{wp} Z_p = \text{const.}$, it follows that such a parallelism requires $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda \rho_w}$. If this condition is fulfilled the hydraulic gradients (expression (2) in section 3) are to scale $\frac{1}{\rho_w}$ and, therefore, the scale-factor of the percolation forces, i. e. $\frac{i_m \, d V_m}{i_p \, d V_p}$, satisfies the condition for being equal to $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$.

Therefore, the conditions that have to be obeyed are as folows

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda \rho}, \frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_w} \frac{1 - n_m}{1 - n_p} \text{ and } \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda \rho_w}$$

whence

$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda \rho} = \frac{1}{\lambda \rho_w}$ and $n_m = n_p$. As it is generally $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_w} = 1$, we finally get the following two conditions

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$$

$$n_m = n_p$$

In analysing the equilibrium of a given volume of the liquid phase, the following forces have to be considered: the surface forces, which should be to scale $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$, the dead weight, to scale $\frac{1}{\lambda^3 \rho_w} \frac{n_m}{n_p}$, and those forces that withstand the hydrostatic uplift and the percolation forces, whose scale factors are those mentioned above. The condition for these forces having to be, all of them, to scale $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$ does not involve any additional condition apart from those already considered.

BIBLIOTECA I.S.T.

As in the foregoing section, the interdependence between the two phases requires that

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\alpha\ \zeta}{\lambda^2 \beta}$$

Since it is $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$, we get

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\zeta}{\lambda\ \beta}$$

Obviously, the boundary conditions have to be satisfied, as was referred to in section 3, in addition to those mentioned above.

In short, it follows that, if the dead weight has to be taken into consideration, the fulfilment of the similarity conditions requires that the materials used adhere to the condition stated in section 2, with $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$, and, furthermore, that $n_m = n_p$ and $\frac{1}{\mu} = \frac{\zeta}{\lambda\ \beta}$. If these conditions are satisfied, it will be possible for the behaviour of the soil mass to be investigated not only during its construction but also after completion under the action of surface forces of scale $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$.

It is obvious that it is not easy to meet accurately with all the above requirements. However, the characteristics of each actual problem, more especially the order of accuracy which may be required in predicting the behaviour of the prototype from the model tests, will render it possible to be less exigent.

If the soil mass is not saturated, and the neutral stresses can be neglected, it is obvious that it will be unnecessary to take account of the conditions regarding porosity and coefficient of permeability.

Hitherto we have been considering the case of artificial soil masses on which the dead weight acts in a known way. This enables, as has just been shown, a model to be built in which the initial states of both stress and strain are to known scales.

In the case of natural earth masses it will be generally impossible to determine their initial states of stress and strain from the observation of models on account of the intricacy of the phenomena involved. If the behaviour of such masses is to be determined by model tests, it is required, therefore, that certain assumptions be previously made on their initial state.

Thus, consider a semi-infinite soil mass, whose strata are parallel to the surface. Suppose we wish to determine its behaviour under the influence of surface forces or when a trench is excavated in it. The soil mass is assumed to be normally loaded; hence, its state of stress, which depends on depth alone, is known.

Assume the soil mass to be divided in layers parallel to the surface and these layers to be so thin that every layer can be taken as homogeneous and subjected to a constant state of stress.

Build a model whose layers, corresponding to those just considered, are made out of such materials that the condition stated in section 2 is satisfied from initial states of stress $\bar{t}_{im} = \frac{1}{\lambda}\ \bar{t}_{ip}$ onward, where $\bar{t}_{ip}$ denotes the initial state of stress in a given layer. Assuming the initial stresses (effective, neutral and total) on the model are to scale $\frac{1}{\lambda}$, it can be easily seen that similarity continues to exist when the model is subjected to surface forces of scale $\frac{1}{\lambda}$ or after a homologous trench has been excavated.

The above considerations hold for a mass of any shape. It still is necessary to divide the mass into zones, each being assumed to be homogeneous; $\bar{t}_{ip}$ should represent states of stress that may be regarded as significant with respect to those existing in the prototype.

In those model studies in which the dead load has to be taken into account, one of the difficulties lies in the condition that the materials used must satisfy the relationship $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$. In fact, since it is most desirable to use small-sized models, in order to reduce their cost and the time taken by their construction and observation, it follows that the models have to be made out of

materials possessing very low consistency $\left(\text{small value of } \frac{1}{\alpha}\right)$. This leads to materials very different from those of the prototype, for which it will be difficult to meet with the similarity requirements to a large extent. Moreover, the operation and the measurements become too delicate.

However, if the influence of surface forces is to be investigated, it is easily concluded that we can get rid of the condition $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$. This requires that the material of the model adhere to the condition stated in section 2, for any value of $\frac{1}{\alpha}$, but on condition that the materials of the prototype are taken as being in an initial state of stress identical with that to which they are subjected in the prototype under investigation. In other words, the state of stress $\bar{t}_p$ applied to a parallelepiped should now be considered from an initial state $\bar{t}_{ip}$ onward. It is obvious that, accurately speaking, the materials of the model will have to be subjected to an initial state of stress, given by $\bar{t}_{im} = \frac{1}{\lambda} \bar{t}_{ip}$, which can generally be assumed to be zero.

For the materials of the model there will have to be, in addition, $\frac{1}{\mu}$.

The relationships (1) will continue to hold, but now the stresses $\bar{t}$, u and t are only those due to the action of surface forces of scale $\frac{1}{\alpha}$.

It should be noted that, in this manner, to a cohesionless material of the prototype it will correspond a cohesive material of the model.

If the above procedure is adopted, it can be said that the influence of the dead weight of the prototype is balanced by building the model so as to make the nature of its material vary from a layer to another. This way is not practical in the general case, since the material of the model would thereby have to be changed from a point to another.

5 — Some important particular cases.

a) Hitherto we have dealt with the general case when the deformations of the solid phase is a function of time, whereby in section 2 a scale factor $\frac{1}{\zeta}$ has been considered for time. Such deformations, in which are included those known as secondary time-effect, are specially significant in the case of states of stress in which high shearing stresses develop.

In the very common case when the effective stresses $\bar{t}_p$ change so slowly with time that at each instant there would not be any tendency for the strain ε_p to increase if $\bar{t}_p$ were kept constant, the solid phase does not require that a time scale-factor be considered.

This is what happens whenever the applied loads change slowly with time. In the common case of saturated soil masses in such a state of equilibrium that their deformations correspond to important volume variations, the loads can even be applied rapidly, providing the dimensions of the mass or its permeability make the pore water flow out slowly. This is what happens in the case of those deformations usually termed consolidation.

When, as just referred to, the magnitude of ε_p does not deped on time, the same condition also has to be satisfied by the material of the model; the time scale is now determined by the relationship $\frac{1}{\mu} = \frac{\alpha \zeta}{\lambda^2 \beta}$, i.e.,

$$\frac{1}{\zeta} = \frac{\alpha \mu}{\lambda^2 \beta}$$

irrespective of the permeability-coefficient scale. If account has to be taken of the dead weight, the condition $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$ will obviously have to be satisfied.

In the case, considered in section 3, when the state of stress due to the dead weight can be neglected, the model may even be made out of the same materials as

those of the prototype. It will be, therefore, $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\mu} = 1$ and $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\lambda^2}$, i. e., the homologous deformations and stresses are equal at instants of scale $\frac{1}{\lambda^2}$, and the displacements are to scale $\frac{1}{\lambda}$. The classical theory of consolidation, based on assumptions contained in those previously considered, leads to this result.

If $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\lambda^2}$, the scale factor $\frac{1}{\lambda}$ cannot be too small, for it could lead to rates of variation of $\bar{t}_m$ which would no longer adhere to the condition stated initially.

b) Suppose that, as is usual, the final state (deformations stopped) alone is to be determined which is reached by a soil mass, no matter whether saturated or unsaturated, under the action of a given load system. Assume that this final state does not depend on the way it is reached, i.e., that it is determined by the final magnitude of the loads alone. In these conditions, neither the material nor the flow of the liquid phase requires the scale factors $\frac{1}{\tau}$ and $\frac{1}{\mu}$. The scale factors $\frac{1}{\alpha}$ and $\frac{1}{\beta}$ alone have to be considered, $\frac{1}{\beta}$ corresponding to the final deformations reached under the action of loads of scale $\frac{1}{\alpha}$. Evidently, the model can be made out of the same materials as those of the prototype whenever the state of stress due to dead weight can be neglected; if not, the condition $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$ has to be satisfied.

c) In investigating into the behaviour of saturated soil masses, it may often be assumed that no percolation of the pore-water occurs. This happens when the loads are applied rapidly, or when the materials possess a low coefficient of permeability and the dimensions of the soil mass are considerably large.

There are even very cohesive soils, nearly rocks, in which the water does not percolate owing to its close adherence to the solid phase.

In such cases it is no longer necessary to consider two phases, and the materials of the model have to satisfy the condition stated under section 2, the total stresses t being substituted for the effective ones, $\bar{t}$. Obviously, $\frac{1}{\tau}$ has to be chosen in such a way that percolation of the pore-water can also be assumed not to take place in the model. The model may even not be made out of a two-phase material.

If the stresses due to dead weight can be neglected, the materials of the prototype can be used for the construction of the model, $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} = \frac{1}{\tau} = 1$.

Also in the case of dynamic equilibriums it may often be assumed that no percolation occurs. In such a case, in addition to the condition on the nature of the materials having to be satisfied, the inertia forces have to be to scale $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$. That is,

$$\frac{\gamma_m \, dV_m}{\gamma_p \, dV_p} \; \frac{\frac{d^2 \delta_m}{d \theta_m^2}}{\frac{d^2 \delta_p^2}{d \theta_p^2}} = \frac{1}{\lambda^2 \alpha}$$ wherein γ denotes now the unit weigh of the soil; hence,

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{\alpha}{\rho \beta}} .$$

Since in the case under consideration the materials do not generally demand any time scale, it follows that this relationship involves a condition regarding only the way in which the surface forces to be applied to the model change with time.

d) Another particular case of practical significance, which has been investigated by model tests, is the case when the liquid phase flows out with no sensible deformation of the solid phase.

The loadings to be considered when dealing with problems of this type, such as those relating to drainage, are both the neutral stresses acting at the surface of the soil mass and the dead weight of the liquid phase.

Among the relations (1) only that concerning the neutral stresses, $u_m = \frac{1}{\alpha} u_p$, is worth being considered.

The conditions for equilibrium of any volume of the liquid phase require that, in the case when the dead weight affects the flow, $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda \rho_w}$.

The boundary conditions require that $v_m = \frac{1}{\alpha} v_p$.

As the flow must take place without variation of volume the solid phase, it must be (section 3)

$$\int_{S_m} K_m i_m \cos \psi_m \, dS_m = 0$$

wherefrom it is concluded that there must be a scale $\frac{1}{\mu}$ for the permeability coefficients of homologous points. These coefficients may change from a point to another.

That is to say, if proportionality between neutral stresses is to be verified, it is sufficient that the model be made out of materials for which there is a scale factor $\frac{1}{\mu}$, and that the neutral stresses applied be to scale $\frac{1}{\alpha}$. In the case when the stresses v_p change with time, the stresses v_m may be to any scale $\frac{1}{\tau}$.

If the neutral stresses are proportional the flow lines will be geometrically similar. The homologous percolation forces will be parallel, their magnitudes being to scale $\frac{1}{\lambda^2 \alpha}$, which scale-factor will have to be $\frac{1}{\lambda^3 \rho_w}$ if the dead weight comes into play.

The discharge-velocity scale is $\frac{K_m i_m}{K_p i_p} = \frac{1}{\mu \rho_w}$, the scale of the quantity of water discharged per unit time through homologous areas being $\frac{1}{\lambda^2 \mu \rho_w}$. The velocities of percolation at homologous points are to scale $\frac{1}{\mu \rho_w} \frac{n_p}{n_m}$.

e) Consider further the very common case when the deformations undergone by the solid phase are assumed to be proportional to the stresses [1]. It will then be sufficient that the model be made out of elastic materials such that the homologous Poisson's ratios are equal, $\nu_m = \nu_p$, and the moduli of elasticity are proportional, $\frac{E_m}{E_p} = \text{const.}$

If allowance is to be made for the percolation of pore-water, it must be

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\tau}{\lambda^2} \frac{E_p}{E_m}$$

for, as was shown in section 2, it is $\frac{E_m}{E_p} = \frac{\beta}{\alpha}$.

The homologous loadings may be to any scale, providing that the dead weight is not taken into account.

f) Consider finally the problems in which only the behaviour at failure is to be investigated, i. e., the problem of determining the surfaces of sliding and the magnitude of the loads which cause failure.

Like in Soil Mechanics, it will be assumed in rupture studies, that the state of stress produced in a soil mass does not depend on the deformability of the materials (relation between stresses and strains), that the stresses produced are proportional to the magnitude of the loads, and, finally, that failure is attained at every point of a surface of sliding.

Suppose further that the loads are applied slowly, so that the mass can be assumed to be consolidated when rupture occurs; or, like in the case of saturated masses, that the loads are applied quickly, so that the pore-water does not start flowing out.

Consider the first case. Assume, like in section 3, that there is an envelope of the Mohr's circles corresponding to consolidated-tests of the materials of the prototype.

---

(1) See paper referred to in art. 1, pg. 12 and following.

If an envelope of coordinates $\bar{\sigma}_m = \frac{1}{\alpha} \bar{\sigma}_p$, $\tau_m = \frac{1}{\alpha} \tau_p$ also exists for the materials of the model as submitted to consolidated--tests (fig. 5), and if, furthermore, the planes of failure are parallel, then similarity is satisfied, i. e., the surfaces of sliding are geometrically similar and the failure-loads are to scale $\frac{1}{\alpha}$, $\bar{f}_m = \frac{1}{\alpha} \bar{f}_p$. This is a consequence of the assumptions made initially.

Therefore, if the envelopes are straight lines, it will be $\varphi_m = \varphi_p$ and $c_m = \frac{1}{\alpha} c_p$. In the case when one of the materials of the prototype has undergone pre-consolidation under the stress $\bar{\sigma}'_p$ (fig. 7), there will have

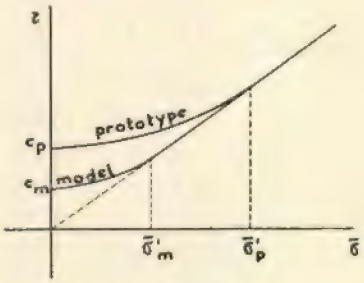


Fig. 7

to be an envelope of similar type for the homologous material; hence, it may be advisable to use for the model a soil that also has undergone pre-consolidation, under the stress $\bar{\sigma}_m = \frac{1}{\alpha} \bar{\sigma}_p$.

If the state of stress due to the dead weight can be neglected, then the same materials can be used for the model, which provides a more general similarity (section 3). If the dead weight has to be taken into account, it must be $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$. In other words $c_m = \frac{1}{\lambda} c_p$ and $\varphi_m = \varphi_p$ in the case of cohesive soils.

For cohesionless soils it is sufficent that $\varphi_m = \varphi_p$ and the model can be made out of the same materials as those of the prototype, even if the dead weight has to be taken into account.

If we wish to investigate the influence exerted by surface forces on soil masses for which the dead weight must be taken into account, the condition $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$ can be avoided as previously referred to in section 4. This merely requires that the relationship indicated in fig. 5 holds when the states of stress that cause failure are counted from the states of stress to which the materials of the prototype and the model are subjected owing to the dead weight.

Now consider the case of saturated masses whose failure occurs without the pore-water being forced out. A relationship similar to that of fig. 5 will still have to hold, the total stresses being now considered instead of the effective ones. As it is generally $\varphi_p = 0$, it follows that the materials of the model have to satisfy the conditions $\varphi_m = \varphi_p = 0$ and $c_m = \frac{1}{\alpha} c_p$.

If account is to be taken of the dead weight, it must be $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$. As a rule, when the soil masses are subjected to rapidly applied loads (without percolation of the pore-water), they have already undergone consolidation due to their own weight. In such cases, the material of the model has to be such that the relationship in fig. 5 holds for samples previously submitted to states of stress $\bar{t}_{ip}$ and $\bar{t}_{im} = \frac{1}{\lambda} \bar{t}_{ip}$, wherein $\bar{t}_{ip}$ denotes the states of stress due to the dead weight. If the influence of surface forces only is to be ascertained, then we can, as was previously shown, get rid of the condition $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\lambda}$.

6 — **Selection of the materials for use in models.** — In a model test the following steps can as a rule be considered: selection of the materials, construction of the model, and application of the loads.

The construction of the model and the application of the loads do not generally give rise to problems difficult to solve. However, it should be borne in mind that the reduction of size involves, as a rule, considerable savings in cost as well as in time.

The selection of materials meeting with the requirements for similarity involves an accurate search if the problem under investigation requires the deformations of the mass to be considered, except if the materials of the prototype can be used for building the model.

The fulfilment of the conditions stated in section 2 requires triaxial tests to be perfomed under different conditions. These conditions should be so chosen that the states of stress developed be significant in respect with those which are expected to arise in the mass under investigation. Thus, account shall be taken of whether the stresses developed are always increasing, whether for every point there is a prevailing stress, whether the stresses change slowly or quickly, whether there are sensible variations of volume, whether conspicuous failure occurs, etc. Cases will be encountered when it is desirable to carry out laterally confined compression-tests.

The measurement of the neutral stresses is generally required.

In the case of triaxial drained-tests in which there may be a sensible change of the state of effective stress along the sample, the strains ε need to be observed at the middle part of the sample only, since it is there that the state of stress can be regarded as constant.

It is obvious that, on account of the intricacy of the properties of the soils, it will not be possible to fulfill the required conditions accurately; nor this would have much significance, on account of the order of accuracy that it is reasonable to require in studying the behaviour of soil masses.

It will be even sufficient, as a rule, that the similarity conditions be satisfied as regards the states of maximum stress which are expected to develop in the prototype. This involves the diagrams in fig. 1 being assumed to run similarly up to those states of stress.

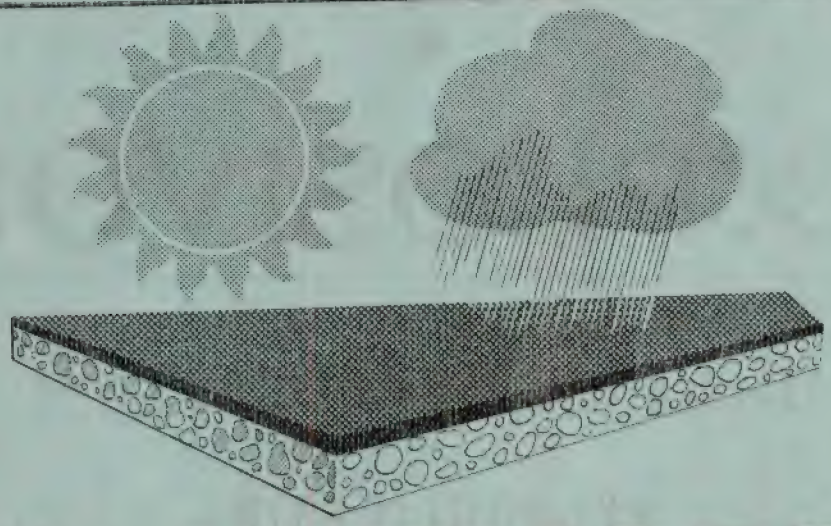
Thus, when failure occurs, a fairly good similarity can be reached by fulfilling the condition $\varepsilon_m = \frac{1}{\beta} \varepsilon_p$ for the failure stresses only.

To take advantage from the analogy of the properties of different soils, it should be desirable, as a rule, to make the models out of soil materials as well, using admixtures if necessary.

To find out whether a given material fulfils the requirements for similarity, it may be desirable to make models out of both the material under investigation and the material of the prototype, and then to compare their behaviour under loadings of the type of those to be studied. For the material to be adequate displacements $\delta_m = \frac{1}{\lambda \beta} \delta_p$ have to occur at instants of scale, $\frac{1}{\tau} = \frac{\alpha \mu}{\lambda^2 \beta}$ under the influence of loads $f_m = \frac{1}{\alpha} f_p$.

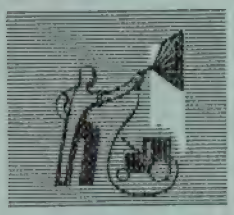
7 — **Conclusions.** — From the foregoing considerations the following conclusion can be drawn. Even in the more general case when a soil mass is acted upon by surface forces and dead weight, and its behaviour makes it necessary to take into account the deformations undergone as well as the drainage they cause, similarity laws can be stated. These laws strictly condition the properties of the materials to be used for model construction, but, apart from exceptional cases, simplifying assumptions may be made on the behaviour of the mass which lead to similarity conditions whose satisfaction is easier.

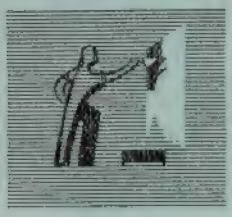
After the conditions for similarity have been stated, it is necessary to evolve the techniques of construction and observation of models and, more particularly, to find the materials capable of being used for solving the different types of problems. With regard to the observation of models, it should be noted that, after the requirements for similarity are fulfilled, it is generally sufficient to observe the displacements. In fact, the main requirement to be met by any structure is that its shape remains unchanged; after all, the stress determinations made in the analytical methods are merely a means of determining the displacements, or at least of estimating them.



FLINTKOTE

EMULSÕES BETUMINOSAS





As emulsões betuminosas FLINTKOTE protegem eficazmente as estruturas metálicas e de betão armado, os materiais para isolamentos térmicos e tudo onde a humidade e a corrosão constituam um problema.

Para o seu caso de isolamento à prova de água ou de humidade, utilize FLINTKOTE, que pode ser aplicado à pistola, à brocha e à colher. Peça informações e detalhes completos deste produto, à secção de asfaltos da SHELL, que dispõe de pessoal habilitado para prestar gratuitamente toda a assistência técnica necessária.

SHELL COMPANY OF PORTUGAL, LIMITED

SHELL

EXPLOSIVOS

FABRICO CONTÍNUO DE 300 Kg/h DE

NITROGLICERINA

ACESSÓRIOS PARA

TODOS OS PROCESSOS

DE DETONAÇÃO

ÁCIDO AZÓTICO

Sociedade Portuguesa de Explosivos, L.da

RUA DOS FANQUEIROS, 44-1.º

LISBOA

Taking account of the simplifying assumptions usually made in the field of Soil Mechanics, it can be asserted that a model affords a more true duplication of real conditions than do the analytical methods.

Evidently, this does not mean that the experimental methods are to be opposed to the analytical ones; it is merely a way of emphasizing how much advantage can be taken from the use of models in finding the safest and most economic solutions of the problems posed by soil masses.

Often it will be desirable even to make use of both methods simultaneously, whereby the models will disclose certain informations enabling the existing theories to be applied successfully. In any way, the analytical methods are alawys a tool of basic significance in finding the general features of the solutions.

Model tests not only allow actual problems to be solved, but, in addition, they afford an observation of the phenomena and are therefore a most valuable tool for research work.

Even for grasping the essential real aspects of the phenomena relating to the behaviour of soil masses we regard the observation of models as very useful; in fact, the difficulties encountered in field observations are well known, and field tests cannot as a rule be pushed too far. Models are therefore a most valuable aid in engineering education.

SUMMARY

After the limitations of the analytical methods in Soil Mechanics have been emphasized, similarity conditions are presented which should be fulfilled by models to be used in studying the problems posed by soil masses to the engineer.

The general conditions are first presented which should be obeyed by prototypes, consisting of saturated or unsaturated soils and acted upon by surface forces and dead weight. Then some particular cases of practical significance are considered, such as that of equilibriums in which the percolation of pore-water is neglected, that in which the final state of the mass, more especially the failure, is assumed not to depend on the intermediate states, etc. The cases are pointed out in which the materials of the prototype can be used for the construction of the models.

Some general indications are advanced on the path to be followed in finding materials that fulfil the requirements for similarity. Emphasis is laid on the fact that, as a rule, it does not make any sense to be too exigent with regard to the fulfilment of those requirements.

Finally, attention is draw on how valuable an aid models can be in studying the problems posed by soil masses.

SOMMAIRE

Après avoir mis en lumière l'insuffisance des méthodes analytiques de la Mécanique des Sols on présente les conditions de similitude auxquelles doivent répondre des modèles destinés à l'étude des problèmes que pose à l'ingénieur le comportement des massifs.

On présente en premier lieu les conditions générales relatives à des prototypes, constitués par des sols saturés ou non-saturés, soumis à l'action de forces de surface et du poids propre. Puis on traite de quelques cas particuliers qui sont importants dans la pratique, tels que les équilibres pour lesquels on néglige la circulation de l'eau qui remplit les pores, le cas où l'on admet que l'état final du massif, en particulier la rupture, ne dépend pas des états intermédiaires, etc. On signale en particulier les cas où les matériaux du prototype peuvent être employés dans la construction des modèles.

Puis on donne des indications générales concernant le chemin à suivre dans la recherche des matériaux répondant aux conditions de similitude. On souligne que, d'une façon générale, il n'y a pas lieu d'imposer des exigences rigoureuses en ce qui concerne la vérification de ces conditions.

On signale en conclusion les services que peuvent rendre les modèles dans l'étude des problèmes posés par les massifs.

COMISSÃO DE MECÂNICA DOS SOLOS

III Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações

ZURIQUE, Agosto de 1953

A primeira parte do Congresso terá lugar em Zurique, de 16 a 21 de Agosto, e será preenchida pelas sessões de trabalho, recepções oficiais, excursões, visitas a laboratórios etc. Está também previsto um programa para as senhoras, que acompanhem os congressistas.

Os temas de trabalho são os seguintes:

1 — Teorias e hipóteses de carácter geral, propriedades dos solos, classificações, geologia aplicada.

2 — Investigações laboratoriais, compreendendo os ensaios de compactação e de melhoria das propriedades dos solos.

3 — Investigações e ensaios relativos ao solo in situ, controle da compactação, estabilização, técnicas de observação no campo.

4 — Fundações de edifícios e de barragens. Capacidade de carga. Observação de assentamentos. Afundamentos.

5 — Estacas, fundações sobre estacas e respectivos assentamentos.

6 — Estradas, auto-estradas e aeródromos (pavimentos flexíveis e rígidos e suas fundações).

7 — Impulsão das terras, muros de suporte, túneis em solos e poços.

8 — Estabilidade de taludes e barragens de terras, pressão da água nos solos, e respectiva medição, águas subterrâneas.

A segunda parte do Congresso — de 22 a 25 de Agosto — consta de excursões através da Suíça que darão ocasião para visitar alguns trabalhos relacionados com a mecânica dos solos.

A sessão de encerramento terá lugar em Lausana e será seguida em 26 de Agosto duma visita aos estaleiros de duas barragens em construção:

DIXENCE E MANVOISIN

O programa pormenorizado do Congresso com informações relativas às sessões de trabalho, excursões, hotéis, inscrições, preços, etc., constam do Boletim n.º 2 do Congresso e ulterior circular que os interessados poderão consultar ou obter na Secretaria Geral da Ordem.

C. D. 621.438.016

TURBINAS DE GÁS

Influência da presença dos gases queimados no seio do ar

PELO ENG.º-MEC. (I. S. T.) JOSÉ HENRIQUE ARANDES

É objectivo desta breve nota mostrar que as correcções a introduzir no cálculo termodinâmico duma turbina de gás, por virtude da presença dos gases queimados no seio do ar, são em regra muito pequenas.

Para isso, vamos admitir que uma instalação de turbina de gás utiliza, por exemplo, o «gasoil» como combustível.

Os cálculos efectuados a seguir dizem respeito a uma instalação de 1.000 kW, com um caudal de massa igual a 15,1 kg/s de ar, sendo este aquecido de 277° C a 600° C, na câmara de combustão.

A potência a fornecer pela turbina vamos fazê-la igual a 1.510 CV, tomando para rendimento do alternador o valor de 90 %.

a) — *Cálculo do consumo específico.* — Suponhamos, para os fins em vista, que o combustível empregado tem um poder calorífico de 10.000 kcal/kg.

A quantidade de calor que é preciso fornecer ao ar, na câmara de combustão, por segundo, é igual a

$$Q_1 = W \times c_{pm} \times (t_2 - t_1)$$

onde W é o caudal de massa e c_{pm} o calor específico médio do ar entre t_1 e t_2.

Godsey e Young, no seu livro «Gas Turbines for Aircraf», indicam para c_p do ar os valores de 0,2488 e 0,2661 kcal/kg °C, respectivamente a $t_1 = 277°$ C e $t_2 = 600°$ C.

Nestas condições,

$$Q_1 = 15{,}1 \times \frac{0{,}2488 + 0{,}2661}{2} \times (600 - 277) = 1.250 \text{ kcal}$$

Para o poder calorífico indicado, esta quantidade de calor é fornecida por 0,125 kg de «gasoil», supondo o rendimento da câmara de combustão igual a 100 %, valor do qual aquele se aproxima muito.

O consumo específico será então

$$C_e = 0{,}125 \times 3.600 / 1.510 = 0{,}300 \ kg/CV.h$$

Como vemos, este consumo específico é ainda bastante superior ao dos motores Diesel, onde regula por cerca de metade. No entanto, não podemos esquecer que uma turbina de gás pode utilizar combustíveis mais baratos e de poder calorífico semelhante.

*

Se a instalação não tivesse recuperador, a quantidade de calor a fornecer ao ar seria de

$$Q_1 = 15{,}1 \times \frac{0{,}2406 + 0{,}2661}{2} \times (600 - 55) = 2.100 \text{ kcal} \qquad (a)$$

pois o calor específico do ar a $t_6 = 55°$ C é de 0.2406 kcal/kg.° C.

A quantidade de combustível necessária por segundo vinha igual a 0,210 kg, o que daria um consumo específico de

$$C_e = 0{,}210 \times 3.600/1.510 = 0{,}500 \text{ kg/CV.h}$$

Verificamos assim a grande influência do recuperador na diminuição do consumo

(a) A temperatura do ar à saída do compressor é de 55° C. O recuperador eleva a temperatura daquele de 55° C para 277° C.

específico duma instalação de turbina de gás.

*

No primeiro caso, o consumo de 0,125 kg de «gasoil», por segundo, vai aumentar o caudal de massa para

$$15{,}1 + 0{,}125 = 15{,}225 \text{ kg/seg}$$

Este aumento do caudal de massa é de uns 0,83 %, o que nos dá já uma ideia da sua pouca importância. Podemos até admitir, como o aconselham a fazer alguns construtores, que o peso de combustível compensa as fugas de ar ao longo das condutas.

Ponhamos outro facto em evidência. A relação, em peso, de ar-combustível vem igual a

$$\frac{15{,}1}{0{,}125} \cong 120$$

Sem recuperador, ir-se-ia para

$$\frac{15{,}1}{0{,}210} \cong 70$$

Este último resultado é confirmado por Hayne Constant, no livro «Gas Turbines and their Problems». De resto, nos motores de reacção dos aviões de propulsão por jacto, aquela relação anda à volta dos 60 («Gas Turbines and Jet Propulsion», de Geoffrey Smith).

b) — Ar teórico necessário e excesso de ar — Vamos supor que o combustível tem a seguinte composição química (Dubbel, pág. 604):

86 % de C; 13 % de H; e 1 % para S, O e N

Considerando apenas os dois primeiros elementos, teríamos em 0,125 kg de «gasoil»:

$$0{,}86 \times 0{,}125 \cong 0{,}108 \text{ kg de C}$$
$$0{,}13 \times 0{,}125 \cong 0{,}016 \text{ kg de H}$$

Como 1 kg de carbono precisa de 11,53 kg de ar para se queimar completamente, e 1 kg de hidrogénio precisa de 34,6 kg de ar, a quantidade de ar teòricamente necessária para queimar 0,125 kg de «gasoil» será com suficiente aproximação

$$0{,}108 \times 11{,}53 + 0{,}016 \times 34{,}6 = 1{,}8 \text{ kg}$$

O excesso de ar é, portanto, de

$$\frac{15{,}1}{1{,}9} \cong 8{,}5$$

Este elevado excesso de ar é indispensável para alcançar a temperatura de 600° C a que a turbina vai trabalhar.

Claro que para a combustão se realizar não se pode ultrapassar um excesso de ar à volta de 1,6 a 1,8. Por isso, esta última condição é realizada na câmara de combustão, e os gases quentes são depois diluídos no restante ar — ar secundário — até obtermos a temperatura final de 600° C. Adiante faremos esta verificação.

c) *Composição dos gases* — Sabe-se que 1 kg de carbono origina 3,67 kg de anidrido carbónico. O peso de anidrido carbónico devido a 0,108 kg de carbono é então

$$0{,}108 \times 3{,}67 = 0{,}40 \text{ kg}$$

Sabe-se ainda que 1 kg de hidrogénio dá origem a 9 kg de vapor de água. O peso de vapor de água devido a 0,016 kg de hidrogénio é assim

$$0{,}016 \times 9 = 0{,}14 \text{ kg}$$

Também, por haver 0,770 kg de azoto num quilo de ar, segue-se que em 1,8 kg de ar há, de azoto,

$$1{,}8 \times 0{,}770 = 1{,}39 \text{ kg}$$

O ar em excesso é 15,1 — 1,8 = 13,30 kg, pelo que a composição dos gases, em peso, é a seguinte:

CO_2	0,40
OH_2	0,14
N_2	1,39
Ar	13,30
	15,23 kg/seg

Antes de determinarmos a composição em volume, façamos uma verificação prometida antes.

Tomando para calores específicos médios do azoto ou do ar, do anidrido carbónico e vapor de ágna, os valores respectivos de 0,244, 0,216, e 0,475 kcal/kg.° C, teremos que o aumento de temperatura dos gases na câmara de combustão é dado, aproximadamente, por

$$1.250 = (14{,}69 \times 0{,}244 + 0{,}40 \times 0{,}216 + 0{,}14 \times 0{,}475) \times \Delta t$$

onde se juntou em 14,69 kg o peso de ar ao de azoto.

Dali,

$$\Delta t = \frac{1.250}{3{,}74} \cong 350^{\circ}\ C$$

O ar entra na câmara de combustão a 277° C pelo que a temperatura final regula pelos 600 C previstos.

Mas se na combustão fosse empregado apenas o ar teórico, seria

$$1.250 = (1{,}39 \times 0{,}244 + 0{,}40 \times 0{,}216 + 0{,}14 \times 0{,}475) \times \Delta t$$

e viria

$$\Delta t = \frac{1.250}{0{,}5} \cong 2.500^{\circ}\ C$$

o que originaria uma temperatura final da ordem dos *2.800° C.*

Isto mostra o grande efeito atenuador do elevado excesso de ar que se emprega numa turbina de gás.

Posto isto, determinemos a composição dos gases em volume.

Os números de moléculas-gramas dos diferentes componentes são

CO_2	400/44	= 9,1
OH_2	140/18	= 7,8
N_2	1.390/28	= 49,5
Ar	13.300/23,9	= 460,0
o que dá um total de		526,4

A composição dos gases em volume é, por conseguinte,

CO_2	9,1/526,4 =	1,73 %
OH_2	7,8/526,4 =	1,47 %
N_2	49,5/526,4 =	9,40 %
Ar	460,0/526,4 =	87,40 %
		100,00 %

Verificamos que mais de 85 % dos gases é formado por ar. O vapor de água e o anidrido carbónico não chegam a atingir, cada um, os 2 %. Estes valores estão de acordo com os apresentados por Godsey e Young no livro já citado.

Se tivermos em atenção que as propriedades termodinâmicas do azoto são pràticamente as do ar, e que estes constituem 96,8 % dos gases, concluiremos que as correcções a introduzir nos dados termodinâmicos do ar, devido à presença dos gases queimados, são muito pequenas.

Por exemplo, Godsey e Young afirmam que os gases resultantes da combustão duma gasolina com uma relação ar-combustível de 15:1, têm um calor específico apenas cerca de 10 % maior que o do ar, para a mesma temperatura.

No nosso caso, estamos em condições muito mais favoráveis e, por isso, as propriedades dos gases diluídos no ar são suficientemente próximas das deste último, para que os dados termodinâmicos do ar possam ser usados nos cálculos.

Para terminar, salientemos que Godsey e Young aconselham a proceder sempre assim no cálculo de turbinas de gás de ciclo aberto quando a relação ar-combustível é grande, o teor em vapor de água do ar à entrada é pequeno e a relação de compressão anda à volta de 4:1.

Tudo se passa, pois, como se o fluido motor fosse sempre constituído só por ar, e o combustível queimado não tivesse outra significação que o adicionamento duma certa quantidade de energia calorífica.

BIBLIOTECA

REFERÊNCIAS SOBRE LIVROS RECEBIDOS

C. D. 621.317

Methods of Electrical Measurement — by *C. T. Baldwin, M. A, A. M. I. E. E.* — Blackie e Son Limited, London — 1952.

Os métodos de medida de grandezas eléctricas e magnéticas constituem a base deste livro. Foi excluído, de acordo com o título, o estudo teórico, construção e uso dos instrumentas de medida.

O autor começa por abordar a questão das unidades e dos padrões de medida. Seguem-se os métodos de medida em corrente contínua para resistências médias, pequenas e grandes, diferença de potencial e corrente.

No domínio da corrente alternada, faz-se referência, com indicações de interesse, ao potenciometro e aos métodos simples de medição de capacidades, coeficientes de auto-indução e indução mútua. As pontes de medida em c. a. são abordadas no capítulo seguinte.

Sobre medições em R. F. indicam-se os métodos básicos para auto-indução e indução mútua, resistência e capacidade.

No domínio do magnetismo indicam-se métodos para exame do estado magnético de alguns materiais, obtenção do ciclo de histeresis e perdas magnéticas.

Por fim o autor apresenta o oscilógrafo de raios catódicos indicando as suas possibilidades como medidor de tensão, corrente, fase e potência e ainda como comparador de frequências e indicador do ciclo de histeresis.

O livro tem uma exposição clara e simples e toda a matéria versada faz parte do nosso curso; por isso e porque cada capítulo contém uma série de problemas de exame das principais escolas inglesas o recomendamos.

J. P. C.

FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Fernando de Melo Alves da Silva, Joaquim Pires Chicau, Nuno M. de Almeida Alves e Rodrigo Teixeira de Almeida

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por C. D. *(classificação decimal)*.

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina com 75 × 125 mm..

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita*, independentemente do número de algarismos que o índice contiver.

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T..

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro de Classificação Decimal.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. 51

Cours Complet de Mathématiques — *Francoeur.*

Vol. 1, págs. 1014.

C. D. 061.6.055 (083.74)

Elaboração de relatórios.

Laboratório de Engenharia Civil, 1952, págs. 13.

2 exemplares.

C. D. 338 (469)

Plano de Fomento para 1953-1958.

Ministérios da Economia e do Ultramar, 1953, vol. 2, págs. 500 + 800.

Existem 2 exemplares.

C. D. 535.33

La spectroscopie d'émission et ses applications — *Pierre Michel.*

Armand Colin, 1953, vol. 1, págs. 224.

PARA O DESMONTE DE

ROCHAS

Abrindo furos a fim de desmontar pedaços maiores de rocha — com Perfuradores sobre Rodas Gardner-Denver que permitem uma fácil deslocação à frente de ataque da pedreira.

Abrindo furos ràpidamente, mediante ar comprimido recebido de Compressores Portáteis Gardner-Denver que merecem toda a confiança.

Consulte o nosso representante e, peça mais informações.

DESDE 1859

GARDNER-DENVER

Gardner-Denver Company. Export Division:
233 Broadway, New York 7, N. Y., U.S.A
Gardner-Denver Company. Quincy. Illinois. U.S.A.

COMPRESSORES, BOMBAS E PERFURADORES DA MAIS ALTA QUALIDADE

REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL.

CASTOR LAORDEN BESGA

16-C, RUA D. FILIPA DE VILHENA, 16-D • LISBOA Ad No. 39

C. D. 621.209.1 + 627.824.7 (469)

O Aproveitamento Hidroeléctrico da Venda Nova — *Luís Moreira Lobo.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 1951, vol. 1, págs. 38.

C. D. 624.131.372 (083.74)

Determinação do teor de humidade de um provete de solo.

Laboratório de Engenharia Civil, 1953, págs. 2.

2 exemplares.

C. D. 624 131.372 (083.74)

Determinação do peso específico das partículas de um solo.

Laboratório de Engenharia Civil, 1953, págs. 2.

3 exemplares.

C. D. 627.8 (043)

Aproveitamento de fins múltiplos — *Eng. Castro Cabrita.*

1947, vol. 1, págs. 180.

Dissertação apresentada ao concurso para professor da cadeira de Hidráulica do Instituto Superior Técnico.

C. D. 627.824.7 (469) + 621 209.1

O Aproveitamento Hidroeléctrico da Venda Nova — *Eng. Luís Moreira Lobo.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 1951, vol. 1, págs. 38.

C. D. 655.2

Nos Domínios da Arquitectura do Livro — *Manuel Canhão.*

Grémio Nacional dos Industriais Gráficos, 1952, vol. 1, págs. 46.

C. D. 691.576.437

Nota sobre a aplicação das pinturas com tintas de cimento em paredes de blocos de betão, não rebocadas.

Laboratório de Engenharia Civil, 1953, págs. 4.

2 exemplares.

C. D. 691.523 (083.74)

Determinação da matéria orgânica nas areias para argamassas e betões.

Laboratório de Engenharia Civil, 1952, págs. 8.

C. D. 691.16 : 620.176 (083.74)

Ensaios de penetração de betumes.

Laboratório de Engenharia Civil, 1953, págs. 6.

2 exemplares.

C. D. 691.822 (083.74)

Tijolos para alvenaria — Qualidade.

Laboratório de Engenharia Civil, 1952, págs. 10.

2 exemplares.

C. D. 693.3

O uso da terra como material de construção.

Laboratório de Engenharia Civil, 1953, págs. 24.

2 exemplares.

C. D. 696.13

Fossas sépticas. Seu emprego em sistemas individuais de lançamento de esgotos domésticos — *Osvaldo Francés.*

Laboratório de Engenharia Civil, 1953, págs. 18.

2 exemplares.

C. D. 728.6/7 (469)

Casas Portuguesas — *Lino, Raul.*

Valentim de Carvalho, 1944, vol. 1, págs. 120.

Com 36 estampas.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. 338 : 66 (469)

O Plano de Fomento, a indústria química e a Técnica — *José Maria Mercier Marques.*

Indústria Portuguesa, 3-953, vol. 26, n.º 301, págs. 83-6.

C. D. 532.516 : 532.592

Die Stoffgleichung hochviskoser Flüssigkeiten und ihre Anwendung auf den Ultraschall — *E. Reuss.*

Acta Technica Acad. Scient. Hung., 1953, vol. 6, n.º 1-2, págs. 65-78.

Equação característica dos fluidos altamente viscosos e sua aplicação ao regime supersónico: substituição da equação de Stokes pela de Maxwell-Natanson; estudo da propagação de ondas sonoras.

C. D. 532.582.7 : 622.753.001.2

Contributions to the classical theory of jigging — *G. Tarján.*

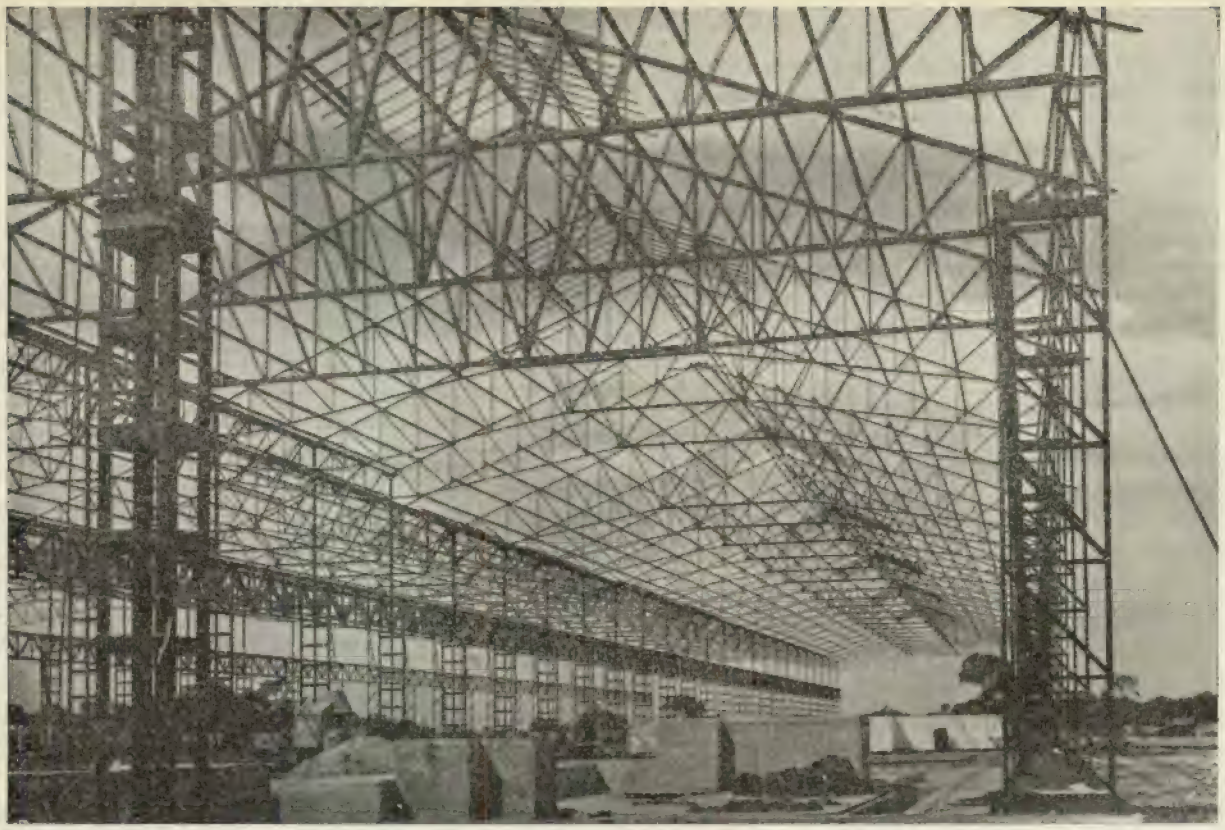
Acta Technica Acad. Scient. Hung., 1953, vol. 6, n.º 1-2, págs. 79-124.

Estudo do movimento de partículas sólidas numa corrente de água ascendente. Aplicação à teoria da separação de minérios por densidades.

C. D. 533.6.05

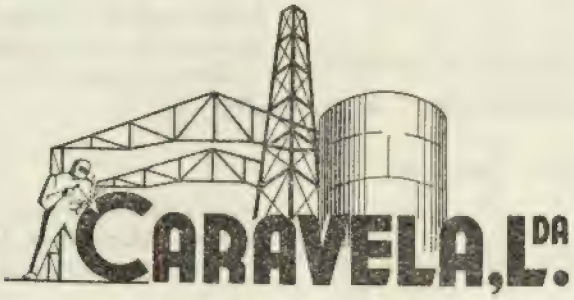
Franchissant le mur du son l'avion déclenche les «bangs» — *Camille Rougeron.*

Science et Vie, 5-953, vol. 84, n.º 428, págs. 349-51.



Vista da nave das máquinas das instalações da Lusalite em África
Executada pela Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, LTD.ª (Antiga OMES)

FÁBRICA METALURGICA E CONSTRUTORA



Nesta oficina executam-se também outros trabalhos; como:

Reservatórios, estruturas metálicas para aparelhos de elevação, postes metálicos, condutas metálicas, pontes metálicas, etc.

Sede: Avenida Infante D. Henrique — Talhão 10 — LISBOA

Telef. { 399008 / 399480

C. D. 539.37

La loi de Hooke et les limites du domine de l'élasticité vraie. — Limite statique et limite d'endurance — *A. Kammerer.*

La Metallurgia Italiana, 2-953, vol. 45, n.º 2, págs. 41-6.

Demonstra-se que, completando as equações gerais da Teoria da Elasticidade por meio de termos exprimindo a inexactidão da lei de Hooke e a existência de um atrito interior viscoso, é possível explicar as principais propriedades mecânicas dos materiais reais.

C. D. 539.374

La fluencia o viscosidad de los sólidos — *Luis Hurtado Acera.*

Revista Industrial y Fabril, 3-953, vol. 8, n.º 78, págs. 153-7.

23 refer. bibliogr.

C. D. 544 62 : 546.48

Determinazione spettrografica delle impurezze nel cadmio — *Mario Scalise.*

La Metallurgia Italiana, 4-952, vol. 46, n.º 4, págs. 153-7.

C. D. 544 64 : 669

Applicazioni metallurgiche dell'analisi microroentgenografica per fluorescenza — *P. H. Koh* e *Betty Caugherty.*

La Metallurgia Italiana, 2-953, vol. 45, n.º 2, págs. 69-73.

Trans. de «Journal of Applied Physics», n.º 23, 1952.

C. D. 545.31 : 546.3-1-57

The electrochemical analysis of silver solder — *R. W. C. Broadbank* e *B. C. Winram.*

Metallurgia, 3-953, vol. 47, n.º 281, págs. 155-7.

C. D. 545.31 : 546 3-1-621

Rapid determination of bismuth, copper and Lead in aluminium alloys by electrodeposition — *George Nerwitz.*

Metallurgia, 3-953, vol. 47, n.º 281, pág. 157.

C. D. 545.71

Rapid gas analysis by dynamic method.
(A new apparatus using soap film tecnhique).

Metallurgia, 3-953, vol. 47, n.º 281, págs. 158-60.

C. D. 545.81 : 546.621

Determinazione colorimetrica dell'alluminio nei minerale di ferro e nell'acciaio — *J. L. Kassner* e *M. A. Ozier.*

La Metallurgia Italiana, 3-953, vol. 45, n.º 3, págs. 114-5.

Trans. de «Analytical Chemistry», Out. 1951.

C. D. 545.81 : 546.87

Determinazione dei bismuto nei minerali di wolframio — *C. L. Sollenberger* e *J. Smith.*

La Metallurgia Italiana, 3-953, vol. 45, n.º 3, pág. 115.

C. D. 553.31 + 669.1 (679)

A indústria do ferro na província de Moçambique — *António Pires de Carvalho.*

Boletim da Sociedade de Estudos de Moçambique, 10-12-952, vol. 22, n.º 76, págs. 87-99.

C. D. 6.001.5 (679)

Panorama de investigação científica em Moçambique — *M. P. Pereira dos Santos.*

Boletim da Sociedade de Estudos de Moçambique, 10-12-952, vol. 22, n.º 76, págs. 1-16.

C. D. 6.007.2 (07)

La formación profesional y sus reglas más importantes. — *António Amorós.*

Revista Industrial y Fabril, 3-953, vol. 8, n.º 78, págs. 144-52.

C. D. 620.15 : 629.13.012

Structural testing at Short Brothers and Harland.
Some details of new equipment installed at Belfast.

Aircraft Engineering, 4-953, vol. 25, n.º 290, págs. 116-8.

C. D. 620.152.57 : 666.86.001.4

Impiego dell'apparecchio di Norton per lo studio delle pigiate di quarzo — *A. Recchi* e *F. Savioli.*

La Metallurgia Italiana, 2-953, vol. 45, n.º 2, págs. 52-5

Ensaios de torsão de massas plásticas de quartzo por meio do torsómetro de Norton, modificado por Wilson.

C. D. 620.171.3 : 669

La relazione scorrimento — tempo sotto sollecitazione constante di trazione — *S. Bhattacharya, W. K. A. Congreve* e *F. C. Thompson.*

La Metallurgia Italiana, 2-953, vol. 45, n.º 2, págs. 73-6.

Trans. de «Journal Institute of Metals», Out. 1952.

ZARCÃO

FABRICADO NOS SEGUINTES TIPOS:

"O"=28-30% PbO_2 "AC"=30-32% PbO_2 "NS"=33% PbO_2

- TODOS OS TIPOS OBEDECEM RIGOROSAMENTE ÀS ESPECIFICAÇÕES INTERNACIONAIS
- FABRICAÇÃO UNIFORME • EMBALAGENS DE: 50-100 E 250 Kgrs

FABRICO ELECTRO-QUIMICO
DA
METAL PORTUGUESA, L.DA

SEDE E FÁBRICAS
CASTANHEIRA DO RIBATEJO

ESCRITÓRIOS EM LISBOA
AV. 24 DE JULHO, 54 1.º ESQ.

À VENDA NOS GRANDES ARMAZENISTAS E REVENDEDORES DE DROGAS

C. D. 621.425 [621.89]

Lubrificação de turbinas a vapor.

Esso Oilways, 1952, vol. 5, n.º 1, págs. 19-21.

C. D. 621.181.5

Le nouvelle installation de chaudière à rayonnement pour 80/100 t/n, 50 kg/cm² et 450° C de la Ciba, Société Anonyme, à Bâle — *Maurice H. Gfeller.*

Revue Technique Sulzer, 1952, n.º 4, pág. 21.

C. D. 621.287 : 621.311.25

L'usine marémotrice de la Rance fera figure d'entreprise pilote — *Pierre de Latil.*

Science et Vie, 3-953, vol. 83, n.º 426, págs. 170-9.

Utilização da energia das marés: a central eléctrica francesa de Rance.

C. D. 621.3 : 669.1

Iron atoms in the Service of the Electrical Engineer — *Charles Goodere.*

The Proceedings of the I. E. E., 11-952, vol. 99, n.º 120, pág 225.

C. D. 621.311.15 : 621.369.3

The Logical Approach to the Problems of Space Warning by Electricity. — *D. H. Parry.*

The Proceedings of the I. E. E, 11-952, vol. 99, n.º 120, pág. 225.

C. D. 621.311.161

Interconnexion de réseaux de fréquences différentes — *P. Waldvogel (P. H.).*

Revue Brown Boveri, 7-952, vol. 39, n.º 7, págs. 239-48.

C. D. 621.311.161 (494)

Deux installations récentes de couplage du réseau suisse de traction et du réseau général de distribution — *R. Keller (Br).*

Revue Brown Boveri, 7-952, vol. 39, n.º 7, págs. 249-263.

C. D. 621.311.22 : 621.165

Algunos aspectos relativos a la produccion de energia térmica — *C. Seippel.*

Revista Electrotécnica, 5-952, vol. 38, n.º 5, págs. 192-200.

C. D. 621.311.22 (42)

The Design of British Power Stations — *S. D. Whetman and A. E. Powell.*

Engineering, 13-3-953, vol. 175, n.º 4546, pág. 349.

C. D. 621.313

Rotating Electrical Machinery — *W. N. Kilner.*

The Proceedings of the I. E. E., 11-952, vol. 99, n.º 120, pág. 280.

C. D. 621.314.212 : 665.41.094.3

El empleo de inhibidores de oxidación en los aceites de los transformadores.

Anales de Mecánica y Electricidad, 7-8-952, vol. 29, n.º 4, págs. 201-4.

Trans. de «The Proceeding of the Inst. of Electr. Eng.» parte 2, n.º 69, 1952.

C. D. 621.314.222.015.3

Control de las solicitaciones provocadas por sobretensiones y descargas atmosféricas en transformadores de potência — *E. T. Norris.*

Revista Electrotécnica, 5-952, vol. 38, n.º 5, págs. 173-190.

C. D. 621.314.224 : 621.317.333.6

El control de aislacion de los transformadores de corriente — *Lorenzo Borello.*

Revista Electrotécnica, 5-952, vol. 38, n.º 5, págs. 200-202.

C. D. 621.314.65.002

Mercury-arc Rectifiers for Medium-voltage Applications — *S. C. Read.*

The Proceedings of the I. E. E. 11-952, vol. 99, n.º 120, pág. 252.

C. D. 621.315.052.63 : 621.317.083.7

Telemetering for System Operation — *R. H. Dunn, G. H. Chambers.*

The Proceedings of the I. E. E. 3-953, vol. 100, n.º 122, pág. 39.

C. D. 621 316 : 621.318-5 : 621.313.33

Quadro de relés Sauter (para arrancar e parar automàticamente um grupo Diesel de corrente de emergência).

Suíça Técnica, 12-952, n.º 3, págs. 30-31.

C. D. 621.317.081

Units and Standards of Electrical Measure — *L. Hartshorn.*

The Proceedings of the I. E. E, 11-952, vol. 99, n.º 120, pág. 271.

C. D. 621.317.083.7 : 621.315.052.63

Telemetering for System Operation — *R. H. Dunn, C. H. Chambers.*

The Proceedings of the I. E. E. 3-953, vol. 100, n.º 122, pág. 39.

C. D. 621.317.733 : 620.15

Electrical circuits for adding strain gauge signale — An investigation of modified Wheatstone bridge circuits — *E. H. Mansfield.*

Aircraft Engineering, 4-953, vol. 25, n.º 290, págs. 108-14.

C. D. 621.317.785.088

Funcionamiento y fiscalización de los medidores eléctricos — *Pablo Löwit.*

Revista Electrotécnica, 5-952, vol. 38, n.º 5, págs. 165-172.

C. D. 621.319.42 : 676 513

El papel metalizado y su aplicación a los condensadores eléctricos — *L. Miranda, E. Blasco e M. D. Passier.*

Anales de Mecánica y Electricidad, 7-8-952, vol. 29, n.º 4, págs 171-80.

C. D. 621.33 [621.89]

Lubrificação de locomotivas eléctricas.

1952, vol. 5, n.º 2, págs. 18-20.

C. D. 621.331.3.025.1

Considérations sur l'utilisation, pour la traction eléctrique, de courant monophasé à 50 Hz fourni par les réseaux généraux de distribution — *A. E. Muller.*

Revue Brown Boveri, 7-952, vol. 39, n.º 7, págs. 263-275.

C. D. 621.335.43

Un équipement électrique simplifié de trolleybus — *A. Fehr (P. H.).*

Revue Brown Boveri, 7-952, vol. 39, n.º 7, págs. 283-285.

C. D. 621.34 : 622

Electricity applied to mining — *B. L. Metcalf.*

The Proceedings of the I. E. E., 3-953, vol. 100, n.º 122, pág. 59.

C. D. 621.355.8/9

Une batterie d'accus six fois plus légère — *Pierre Hémardinquer.*

Science et Vie, 3-953, vol. 83, n.º 426, págs. 245-8.

Acumuladores alcalinos de baixa resistência interna; elemento prata-zinco.

C. D. 621.355.8/9.015

Variaciones de tensión de los acumuladores alcalinos, especialmente referidas a pequeñas intensidades de descarga.

Anales de Mecánica y Electricidad, 7-8-952, vol. 29, n.º 4, págs. 196-8.

Trans. de «Beama Journal», 3-51 e 2-52.

C. D. 621.357.75

Galvanización — *E. Lamarca.*

Ion, 3-953, vol. 13, n.º 140, págs. 156-61.

C. D. 621.369.3 : 621.311.15

The Logical Approach to the Problems of Space Warming by Electricity — *D. H. Parry.*

The Proceedings of the I. E. E., 11-952, vol 99, n.º 120, pág. 225.

C. D. 621.385.32.032 : 18.621.395.658

Some applications of Cold-Cathode Tubes to Switching Systems — *S. Simon.*

Electrical Communication, 9-953, vol. 29, n.º 3, pág. 207.

C. D. 621.395.5 (489 + 492)

Netherlands — Denmark Coaxial Cable System — *J. Tj. Vissev; K. L. Larsen; Frank Fairley.*

Electrical Communication, 9-953, vol. 29, n.º 3, pág. 186.

C. D. 621.395.658 : 621.385.32.032.18

Some applications of Cold-Cathode Tubes to Switching Systems — *S. Simon.*

Electrical Communication, 9-953, vol. 29, n.º 3, pág. 207.

C. D. 621.396.621 : 621.396.933

Glide-Slop Receiver — *R. C. Davis.*

Electrical Communication, 9-953, vol. 29, n.º 3, pág. 219.

C. D. 621.396.933 : 621.396.621

Glide-Slope Receiver — *R. C. Davis.*

Electrical Communication, 9-953, vol. 29, n.º 3, pág. 219.

C. D. 621.397.7 (42)

British Television Relay Network.

Electrical Communication, 9-952, vol. 29, n.º 3, pág. 171.

C. D. 621.438.2.001

Some notes on centrifugal compressors — *L. N. Thompson.*

Aircraft Engineering, 8-952, vol. 24, n.º 282, págs. 231-3.

C. D. 621.438.002

Developing a jet engine.

The Aeroplane, 24-4-953, vol. 84, n.º 2179, págs. 551-3.

C. D. 621.51 [621.89]

A lubrificação de compressores.

Esso Oilways, 1952, vol. 5, n.º 3, págs. 18-20.

C. D. 621.746 : 621.741.4

Disegno della lingotiera e qualita del lingotto. — Temperatura e velocità di colaggio e qualità del lingotto — *F. Borelli e G. Camolese.*

La Metallurgia Italiana, 2-953, vol. 45, n.º 2, págs. 56-68.

C. D. 621.746.5/7.034

Some practical notes on casting of ingots for seamless tubemaking — *G. Bowman.*

Metallurgia, 3-953, vol. 47, n.º 281, págs. 129-36.

BIBLIOTECA / S.T.

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46

LISBOA — PORTUGAL

TELEGRAMAS: PESSIL-LISBOA — TELEFONES: 29879-24495-20354

AZEVEDO & PESSI, L.DA

OFERECEM **EQUIPAMENTO PARA INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS E APARELHAGEM ELÉCTRICA DAS SUAS REPRESENTADAS**

Emile Haefely & Cie., S. A. — Basileia	**Transformadores, Condensadores**
Sprecher & Schuh, S. A. — Aarau	**Aparelhagem eléctrica**
Baume & Marpent, S. A. — Haine-St-Pierre	**Material rolante, Gasómetros**
Heinrich Flottmann, G. m. b. H. — Herne	**Martelos pneumáticos, Compressores**
Salzgitter Maschinen A.-G. — Salzgitter	**Pás mecânicas, Rastilhos perfuradores**
Badische Maschinenfabrik A.-G. — Karlsruhe	**Equipamento para fundições**
Berkefeld Filter Ges. m. b. H. — Celle	**Filtros, Instalações de correcção**
Luke & Spencer, Ltd. — Altrincham	**Amoladoras, Mós**
Eschwerke K.-G. — Duisburgo	**Britadeiras, Trituradoras**
Knapsack-Griesheim A.-G. — Frankfort	**Equipamento de soldadura**
F. Kueppersbusch & Soehne A.-G. — Gelsenkirchen	**Cozinhas, Fogões**
Mench S. A. — Bruxelas	**Equipamento para lavandarias**
Bergedorfer Eisenwerk A.-G. — Hamburgo	**Instalações frigoríficas, Centrais leiteiras**
Seitzwerke A.-G. — Kreuznach	**Máquinas para engarrafamento**
Intexico — Hamburgo	**Metais, Máquinas-ferramentas**
Anton Kaeser — Hamburgo	**Instalações de condicionamento de ar**

FÁBRICA DE PORCELANA DA VISTA ALEGRE, L.DA

Fundada em 1824

POR

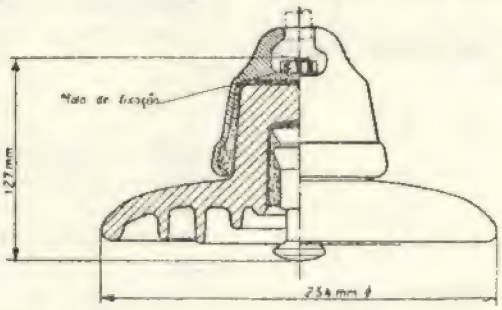
José Ferreira Pinto Basto

ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qualo fabricamos



Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento

Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Lisboa — Sede: Largo da Biblioteca, 17
Depósitos: Lisboa — Largo do Chiado, 18

Fábrica em Ílhavo — Aveiro
Rua Cândido Reis, 118 — Porto

C. D. 621.771.25

La laminazione dei tondi di precizione negli U. S. A. — *R. Stewattson.*

La Metallurgia Italiana, 3-953, vol. 45, n.º 3, págs. 113-4.

Trans. de «J. Iron and Steel Inst.», Dez. 1952.

C. D. 621.791.7

Production Line Soldering and Brazing — *C. E. Eadon-Clarke.*

Electrical Communication, 9-953, vol. 29, n.º 3, pág. 179.

C. D. 621.793 + 666.165 + 666.3.036 4

Metallising of glass, ceramic and plastic surfaces — *R. J. Heritage e J. R. Balmer.*

Metallurgia, 4-953, vol. 47, n.º 282, págs. 171-4

Técnicas de metalização: redução a partir de soluções aquosas, redução pelo calor, evaporação a pressão reduzida.

C. D. 621.892.093 : 621.65/8

Lubrificação de bombas.

Esso Oilways, 1953, vol. 5, n.º 4, págs. 5-7.

C. D. 621.892.004

Aplicações menos conhecidas dos lubrificantes de petróleo.

Esso Oilways, 1952, vol. 4, n.º 6, págs. 16-8.

C. D. 621.944

Laminação de custo menor.

Esso Oilways, 1952, vol. 4, n.º 5, págs. 14-6.

C. D. 621.944 — 5

Comandi principali ed auxiliari di laminatori.

Marelli, 5-6-952, n.º 5-6.

C. D. 622 : 621.34

Electricity applied to mining — *B. L. Metcalf.*

The Proceedings of the I. E. E., 3-953, vol. 100, n.º 122, pág. 59.

C. D. 622.24 051 — 72 : 553.611

Une argile, la bentonite, lubrifie le trépan ou fige le boues — *M. Déribéré.*

Science et Vie, 3-953, vol 83, n.º 426, págs. 238-9.

C. D. 622.753.001.2 : 532.582.7

Contributions to the classical theory of jigging. — *G. Tarján.*

Acta Technica Acad. Scient. Hung., 1953, vol. 6, n.º 1-2, págs. 79-124.

Estudo do movimento de partículas sólidas numa corrente de água ascendente. Aplicação à teoria de separação de minérios por densidades.

C. D. 624.012.47 : 624.21

Le premier pont en béton précontraint sur le Rhin.

Bulletin Technique de la Suisse Romande, 13-12-952, 78ᵉ Année, n.º 25, págs. 334-336.

C. D. 624.012.47 — 041.2.001.1

Les efforts parasitaires dans les ouvrages hiperstatiques en béton précontraint — *F. Panchand.*

Bulletin Technique de la Suisse Romande, 21-3-953, 79ᵉ Année, n.º 6, págs. 65-75.

C. D. 624.072.2 — 012.4.003

Le calcul de l'armature économique des éléments prismatiques de seccion rectangulaire au moyen d'abaques — *K. K. McKelvey.*

Bulletin Technique de la Suisse Romande, 13-12-952, 78ᵉ Année, n.º 25, págs. 325-334.

C. D. 624.136 (73)

Progrès réalisés aux États-Unis dans la conception et la construction de digues en terre — *Thomas Middletroodes.*

Bulletin Technique de la Suisse Romande, 7-3-953, 79ᵉ Année, n.º 5, págs. 53-60.

C. D. 627.82 (469)

Le Barrage de Belver sur le Tage. Ses problèmes hydrauliques et leur résolution — *J. P. Stucky.*

Bulletin Technique de la Suisse Romande, 24-1-953, 79ᵉ Année, n.º 2, págs. 13-23.

C. D. 628.2/3 (43)

O escoamento de detritos.

Esso Oilways, 1953, vol. 5, n.º 4, págs. 20-4.

Remoção e tratamento dos esgostos industriais na bacia do Emscher, no Ruhr.

C. D. 628.9.037.625.23

L'éclairage par fluorescence des voitures de chemin de fer — *O. Manz.*

Revue Brown Boveri, 7-952, vol. 39, n.º 7, págs. 276-282.

C. D. 629.113.035.4

Voici l'auto à turbine à gaz — *Henri Tinard.*

Science et Vie, 3-953, vol. 83, n.º 426, págs. 216-8.

C. D. 629.12.014 (44)

Propulsão de navios modernos.

Esso Oilways, 1952, vol. 5, n.º 1, págs. 7-9.

C. D. 629.123.054 : 621.396.96

O radar na navegação marítima — *João Baptista Comprido.*

Anais do Clube Militar Naval, Jan.-Março, Out.-Dez, 1952, vol. 82, págs. 15-38 + 521-46.

FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem

OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS

Alguns artigos de série:

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc.

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

Vendas directas ao comércio da especialidade

Telef. Oeiras { P. P. C. 324 — 4 linhas / Administ. 156

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

SECÇÃO DE AQUECIMENTO

Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA

C. D. 629.13.014.1 [539.3]

Manoeuvre point properties of the aero-isoclinic wing — *A. S. Taylor.*

Aircraft Engineering, 9-952, vol. 24, n.º 283, págs. 257-62.

C. D. 629.13.014.66

Variation in strength of nominally identical tail planes — *K. D. Raithby.*

Aircraft Engineering, 8-952, vol. 24, n.º 282, págs. 223-5.

C. D. 629.13.001 : 536.6.011

Manoeuvrability at high speeds — *A. H. Yates.*

Aircraft Engineering, 8-952, vol. 24, n.º 282, págs 228-30.

C. D. 629.13.002

Post-war trends and developments in british aircraft. — *A. F. Newell.*

Aircraft Engineering, 9-952, vol. 24, n.º 283, págs. 246-56.

C. D. 629.135.4

More helicopter reflections — *J. S. Shapiro.*

The Aeroplane, 8-5-953, vol. 84, n.º 2181, págs. 606-8.

C. D. 629.136.3.001.5

The N. A. C. A.'s role in guided missile research — *Joseph A. Shortal.*

Aircraft Engineering, 4-953, vol. 25, n.º 290, págs. 96-100.

C. D. 629.139 : 695 (44)

A Marignane, un toit de 4200 tonnes monté d'un seul bloc — *René Brest.*

Science et Vie, 5-953, vol. 84, n.º 428, págs. 342-7.

C. D. 631.841.1 (54)

Fábricas indias de fertilizantes — *H. W. van Ness.*

Revista Industrial y Fabril, 3-953, vol. 78, n.º 78, págs. 174-6.

Fabricação do sulfato de amónio em Tranvacore e Sindri. — Trans. de «Chem. Eng.», vol. 57, pág. 102, e «British Eng.», págs. 4-52.

C. D. 65.011

Organización — *Luis Navarro Gil.*

Revista Industrial y Fabril, 3-953, vol. 8, n.º 78, págs. 164-6.

C. D. 661.57

La urea — história, propriedades, preparación y síntesis — *Casimiro Busquets.*

Ion, 2-953, vol. 13, n.º 139, págs. 67-80.

133 referências bibliográficas.

C. D. 661.57.004

La urea — utilización y nuevas aplicaciones industriales — *Casimiro Busquets.*

Ion, 3-953, vol. 13, n.º 140, págs. 137-47.

Aplicações da ureia nas indústrias dos adubos, das resinas sintéticas, colas, adesivos e vernizes, têxteis, etc. Emprego na «cristalização extractiva» para separação de compostos orgânicos.

Com 160 referências bibliográficas.

C. D. 661.759.004 : 669.018.25

The hard carbides: their properties and application to the production of sintered hard metal — *A. G. Gardner.*

Metallurgia, 4-953, vol. 47, n.º 282, págs. 163-9.

C. D. 662.753.3.: 621.436

Resultats obtenus en service avec des moteurs Diesel alimentés à l'huile lourde — *Max Zwicky.*

Revue Technique Sulzer, 1952, n.º 4, págs. 11.

C. D. 662.987 : 621.57.011

La bomba térmica — *Fernando G. M. Toledo.*

Revista Industrial y Fabril, 3-953, vol. 8, n.º 78, págs. 166-8.

C. D. 663.632.52 : 628.1 (81

Tratamento de água no Brasil.

Esso Oilways, 1953, vol. 5, n.º 4, págs. 16-9.

A estação de tratamento de águas de Porto Alegre; processo do sulfato de amónio.

C. D. 665.214 : 577.16 A

Vitamina A en higados de peces. (Una técnica de extracción de vitamina A, de aplicación industrial) — *C. S. Martin Pérez.*

Ion, 2-953, vol. 13, n.º 139, págs. 61-6.

C. D. 665.5 : 621.438

Problems in connection with turbo fuels — *Arne Mörtsell.*

Esso Air World, 3-4-953, vol. 5, n.º 5, págs. 118-22.

C. D. 666.165 + 621.793 + 666.3.036.4

Metallising of glass, ceramic and plastic surfaces — *R. J. Heritage* e *J. R. Balmer.*

Metallurgia, 4-953, vol. 47, n.º 282, págs. 171-4.

Técnicas de metalização: redução a partir de soluções aquosas, redução pelo calor, evaporação a pressão reduzida.

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

C. D. 666.262.1.041.54

Vertical furnace for enamelling.
Metallurgia, 3-953, vol. 47, n.º 281, págs. 145-6.

Descrição de um forno vertical contínuo para es-

C. D. 666.3.036.4 + 621.793 + 666.165

Metallising of glass, ceramic and plastic surfaces — *R. J. Heritage* e *J. R. Balmer.*
Metallurgia, 4-953, vol. 47, n.º 282, págs. 171-4.

Técnicas de metalização: redução a partir de soluções aquosas, redução pelo calor, evaporação a pressão reduzida.

C. D. 666.76

Informazioni sui refrattari — *Francesco Savioli.*
La Metallurgia Italiana — Atti Notizie, 3-953, vol. 45. n.º 3, págs. 83-7.

Propriedades, matérias-primas, tipos, tranformações estruturais dos materiais refractários.

C. D. 666.86.001.4 : 620.152.57

Impiego dell'apparecchio di Norton per lo studio delle pigiate di quarzo — *A. Recchi* e *F. Savioli.*
La Metallurgia Italiana, 2-953, vol. 45, n.º 2, págs. 52-5.

Ensaios de torsão de massas plásticas de quartzo por meio do torsiómetro de Norton, modificado por Wilson.

C. D. 669 : 621.438

Ligas especiais para turbinas.
Esso Oilways, 1952, vol. 4, n.º 5, págs. 6-9.

C. D. 669-154 : 548.5

On the stability of nuclei in metallic melts — *J. A Verö.*
Acta Technica Acad. Scient. Hung., 1953, vol. 6, n. 1-2, págs. 209-28.

Estabilidade de núcleos cristalinos em metais fundidos; relações da estrutura com as condições de cristalização. Estudo dos casos do alumínio e do cobre. (Contém várias micrografias e diagramas de arrefecimento).

C. D. 669.018.58 : 539.26

Microradiography of permanent magnet alloys — *H. J. Goldschmidt.*
Metallurgia, 4-953, vol. 47, n.º 282, págs. 215-20.

C. D. 669.001

The foundations of metallography.
Metallurgia, 4-953, vol. 47, n.º 282, págs. 17-58.

C. D. 669.1 + 553.31 (679)

A indústria do ferro na província de Moçambique — *António Pires de Carvalho.*
Boletim da Sociedade de Estudos de Moçambique, Out.-Dez. — 1952, vol. 22, n.º 76, págs. 87-99.

C. D. 669.1 : 621.3

Iron Atoms in the Service of the Electrical Engineer — *Charles Croodeve.*
The Proceedings of the I. E. E., 11-952, vol. 99, n.º 120, pág. 225.

C. D. 669.136 — 17

La separazione della grafite nodulare in una ghisa ipoeutettica trattata con magnesio — *C. Longaretti e R. Sacerdote.*
La Metallurgia Italiana, 3-953, vol. 45, n.º 3, págs. 94-9.

C. D. 669.14 — 12 : 620.172.251.1

Rilassamento e «fluage» a freddo degli acciai per strutture precompresse — *Francesco Mereino.*
La Metallurgia Italiana, 2-953, vol. 45, n.º 2, págs. 47-51.

C. D. 669.14 — 174

La formazione della bainite — *T. Ko e S. A. Cottrell.*
La Metallurgia Italiana, 3-953, vol. 45, n.º 3, págs. 111-2.

Trans. de «J. Iron Steel Inst.», Nov. 1952.

C. D. 669.14.094.2

Aspetti chimico-fisici della disossidazione dell'acciaio — *Felice De Carli.*
La Metallurgia Italiana, 3-953, vol. 45, n.º 3, págs. 100-10.

C. D. 669.144.3 — 12/3

How to fabricate 17 % chromium stainless steel — *Richard E. Paret.*
Metallurgia, 4-953, vol. 47, n.º 282, págs. 213-4.

C. D. 669.18.041

Open-hearth steel furnace maintenance.
Metallurgia, 3-953, vol. 47, n.º 281, págs. 113-8.

ÁVILA

CABOS ELÉCTRICOS

CAPITAIS · TÉCNICOS · OPERÁRIOS
EXCLUSIVAMENTE PORTUGUESES

RESUMO DA PRODUÇÃO ÁVILA

Condutores com isolamento de borracha / Fios e cabos com cobertura de chumbo / Condutores para rádio e telecomunicações / Fios e cabos especiais para automóveis / Cabos para elevadores e guindastes / Fios e cabos com isolamento termoplástico / Condutores especiais para o Exército, Aeronáutica e Marinha / Fios esmaltados / Acessórios em materiais plásticos, etc.

FÁBRICA DE CONDUTORES ELÉCTRICOS
DIOGO D'ÁVILA, LDA.

ESCRITÓRIOS:
Rua Rodrigo da Fonseca, 62, r/c
L I S B O A

FUNDADA EM 1923
DA
PORTUGAL
MARCA REGISTADA

FÁBRICA:
Estrada da Ajuda-Queluz
Portela da Ajuda / LISBOA-C

JANSON LIMITADA

EQUIPAMENTO PARA A INDÚSTRIA DE REPARAÇÃO DE AUTOMÓVEIS E ESTAÇÕES DE SERVIÇO

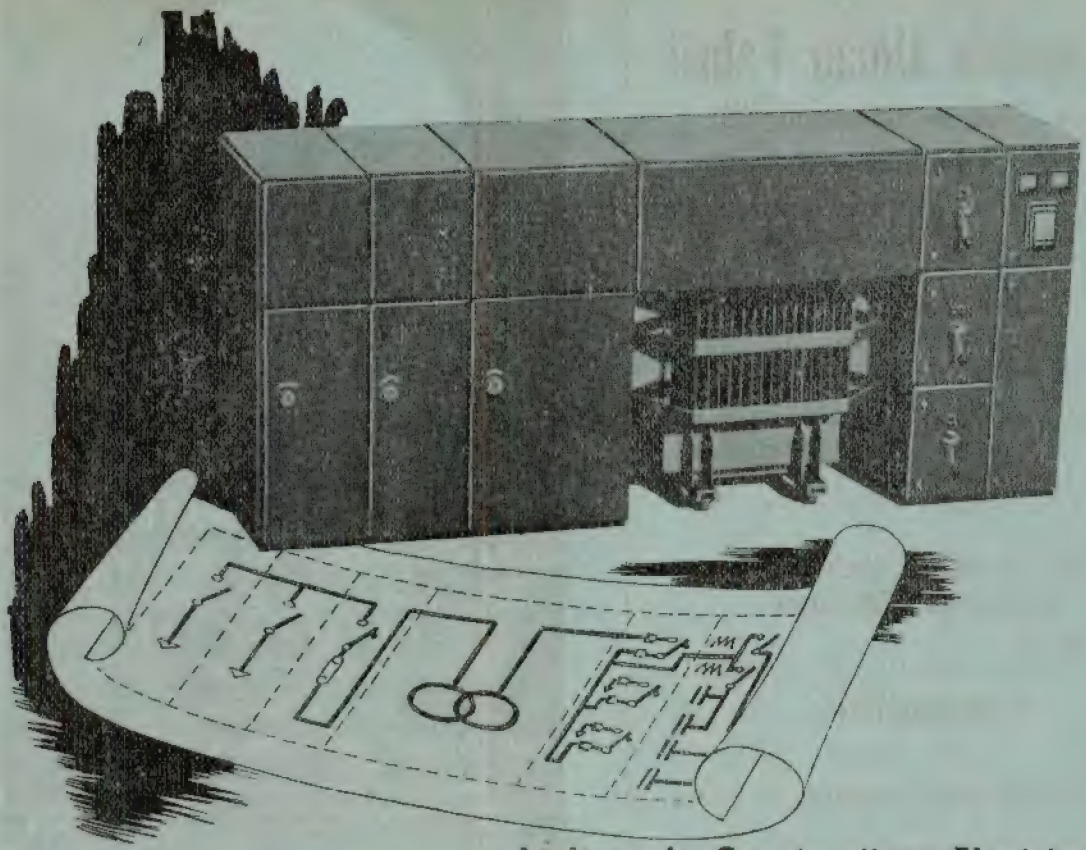
Máquinas e ferramentas:

- OFICINAS DE RECONDICIONAMENTO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA
- OFICINAS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL
- OFICINAS DE MECANICA GERAL

ESTUDOS E PROJECTOS

TELEF. 5 3142

RUA D. FILIPA DE VILHENA, 10 ◆ **LISBOA**



Ateliers de Constructions Electriques de

DELLE

LYON - VILLEURBANNE (FRANCE)

NORMABLOCS

POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO BLINDADOS PRÉFABRICADOS

REFERÊNCIAS EM PORTUGAL:

SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DO PORTO
COMPANHIAS REUNIDAS GAZ E ELECTRICIDADE
FÁBRICA PORTUGUESA DE ARTIGOS ELÉCTRICOS (PHILIPS)
CABOS ARMADOS E TELEFÓNICOS
JOÃO JACINTO TOMÉ

DELEGADOS EM PORTUGAL

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º ● LISBOA ● Telefones 6 0692 - 6 6082

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

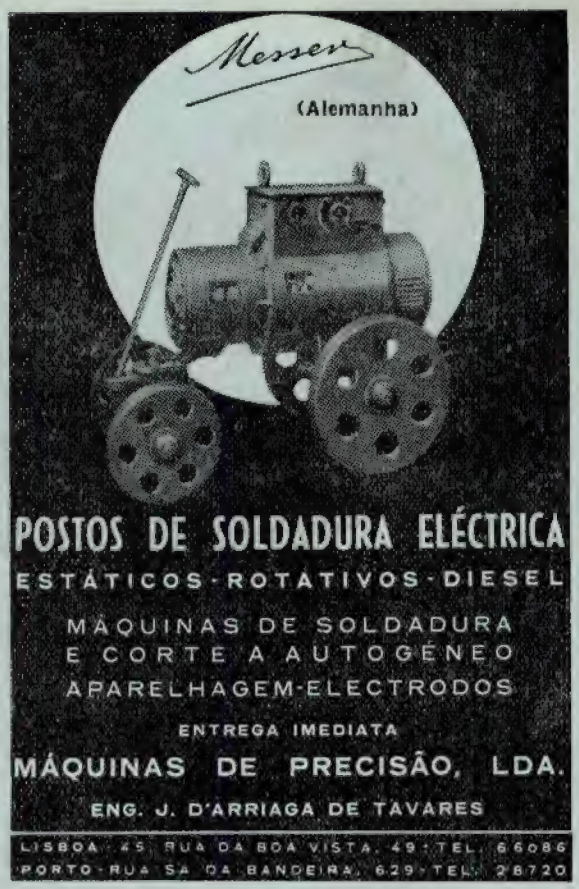
Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolítica



MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

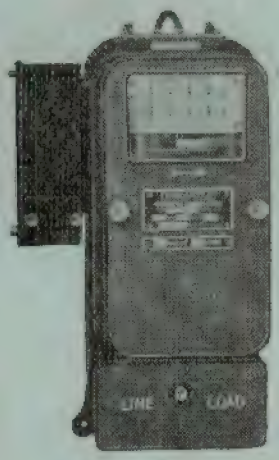
PREFERIR FERRANTI É SABER ESCOLHER

→ Contador eléctrico monofásico, Tipo FM, suportando uma sobrecarga de 500 % da carga normal

Voltímetro electrostatico para alta tensão 10 e 30 KV

Contador trifásico de dupla tarifa ←

Grande sensibilidade



REPRESENTANTES

C. SANTOS LDA.

29, Avenida da Liberdade, 41

SECÇÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

Travessa da Glória, 17 — LISBOA

Instalações completas de Relógios Eléctricos com ou sem sinalização. Máxima precisão

Relógios-Mãe, Relógios secundários para interior e exterior, Relógios de ponto, Etc..

Representante geral: BORSARI & MEIER S. A. — Zurich, Suissa

Pedidos de orçamentos ao seu agente para Portugal Continental e Ultramarino

FACTO LIMITADA

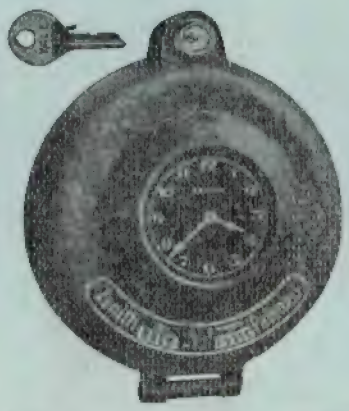
RUA DA MADALENA, 46, 2.º — LISBOA ✦ Telef. 22948 / 27338

RELÓGIOS DE CONTROLE PARA TODOS OS FINS

Utilizáveis em

- Veículos de carga
- autocarros
- máquinas de todos os tipos
- tractores
- serviço de ronda
- locomotivas
- serviços públicos

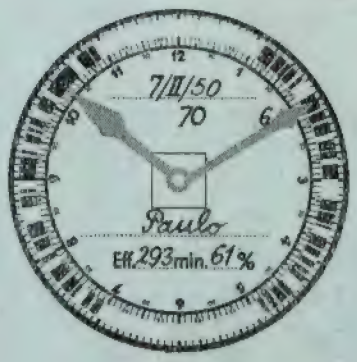
Etc.



Algumas vantagens:

Maior rendimento pelo perfeito controle — análise dos processos de trabalho — segurança nos cálculos de preços de custo — exactidão nas desvalorizações de máquinas e veiculos.

SEM controle Zenith: - 61 % (4 h 56 m) de trabalho útil numa jornada de 8 horas.

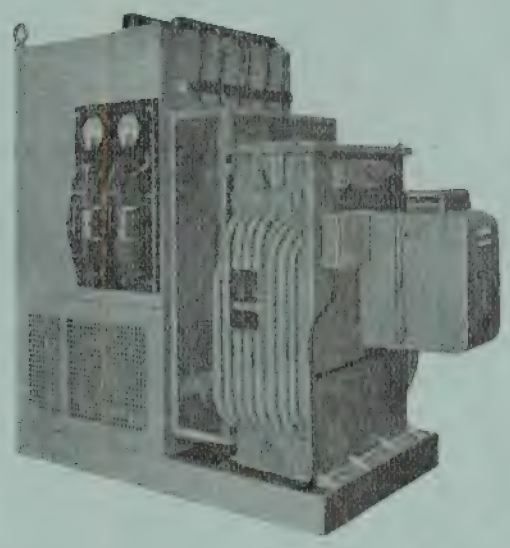


COM controle Zenith: - 92 % (7 h 17 m) de rendimento para o mesmo trabalho em 8 horas.

FABRIQUES DES MONTRES ZENITH — LE LOCLE (SUISSE)

"THE ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED"

BATERIAS DE RECTIFICAÇÃO



A **English Electric** fabrica actualmente os mais variados tipos de postos de rectificação, dos quais se apresenta uma unidade de 80 KW a 200 V, constituída por rectificador em ampola metálica, sem bomba de vácuo, transformador, disjuntor de ruptura no ar e quadro de comando. A potência total de unidades deste tipo fornecidas ao Almirantado Britânico ascende a 6000 KW.

Representantes exclusivos para Portugal e África Ocidental Portuguesa:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

R. Cascais, 47 (Alcântara)
LISBOA
Telefone 37083

R. do Almada, 262-1.º
PORTO
Telefone 25021

E

VILA FRANCA DE XIRA

LUANDA

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

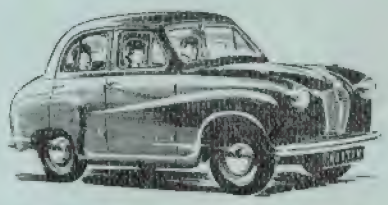
NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 38171/6

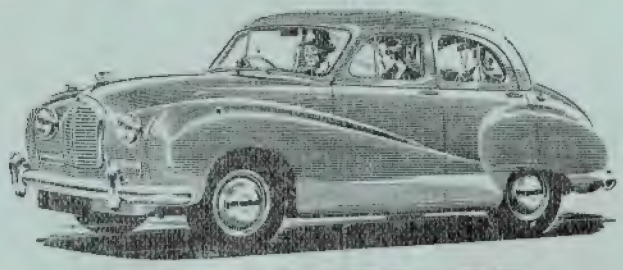
telefones · radio · cabos

escreve para todos em todo o mundo
ST.
Everest
máquinas de escrever e de calcular
AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL
Agência Comercial Sueca, L.da — R. dos Fanqueiros, 250, 2.º E. LISBOA
TEL. 20353 — 32903
SERIO S. p. A. - MILANO
STABILIMENTI A CREMA

AUSTIN



A 30 «SEVEN»



A 40 «SOMERSET»

Os carros utilitários que valem dinheiro e são o orgulho da indústria britânica de automóveis

* 4 PORTAS
* MUDANÇAS SINCRONIZADAS
* TRAVÕES HIDRÁULICOS

DISTRIBUIDORES GERAIS:
J. J. GONÇALVES, SUCRS.
Lisboa Évora Porto
AGENTES EM TODOS OS DISTRITOS

PRODUTOS DYRUP

UMA TINTA QUE PINTA

FÁBRICA DE
TINTAS DE SACAVÉM
S. A. R. L.

SACAVÉM—PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105 e 186
LISBOA 42651 42156

O moderno material de construção à base de fibra de madeira mineralizada e cimento

=OMNILITE=

Leve, sólido, de aplicação rápida, ininflamável e imputrescível

O isolante térmico e acústico eficaz e barato

EM PLACAS
para divisórias e tectos, revestimentos isolantes, absorção e amortecimento de som, correcções acústicas, etc.

EM BLOCOS
para paredes interiores e exteriores

EM BLOCOS
para pavimentos

Todos estes elementos têm 2 m de comprido e 0,60 de largo

Sociedade Portuguesa OMNILITE, L.DA
Av. António Augusto de Aguiar, 27 r/c Esq.
LISBOA Telef. 5 6088

NOVAS POSSIBILIDADES NA CONSTRUÇÃO CIVIL!

CEMPEXO

Uma grande marca Dinamarquesa

Depois de cuidadosos ensaios laboratoriais e práticos, apresentamos agora em Portugal tintas petrificantes especiais e hidrófugas que **RESISTEM A TUDO,** sendo laváveis e de fácil emprego

CEMPEXO

DE COR FIXA
DURA MAIS
RENDE MUITO

Recomendada para pintura de interiores e exteriores

Paredes

Muros

Frontarias de casas ou edifícios

e outras superfícies

Pó que se mistura com água em 9 cores

PEDIR INFORMAÇÕES AOS

TELEF. 75057

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96

LISBOA

MANIL

EXPORTAÇÃO · IMPORTAÇÃO

Sede: **Paço d'Arcos** – Av. Voluntários da República – Tel. 262 P. A.

CONSTRUÇÃO CIVIL

SERRAÇÃO E CARPINTARIAS MECÂNICAS
MADEIRAS E TACOS TRATADOS

Depósitos: CASCAIS — ESTORIL
PAÇO D'ARCOS — PAREDE

As oficinas estão apetrechadas com os maquinismos mais modernos e com estufa para secagem e tratamento de madeiras

Construções Técnicas, Limitada

Praça do Município, 13, 3.º — LISBOA
Telefone 2 2344

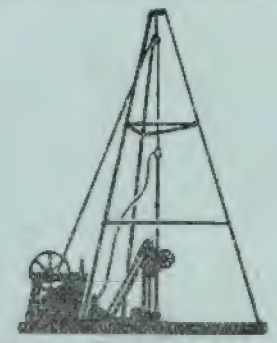
FUNDAÇÕES
BETÃO
ARMADO
OBRAS
PÚBLICAS

Silo da S. I. Vila Franca, executado pelo sistema de moldes deslizantes «Prometo».

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA S. MAMEDE AO CALDAS, 22, 3.º
Telefones: 2 8685 - 2 6865 ✦ Telegramas: SETANSOL



RÓDIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Sócio gerente: **Walter Weyermann**-Eng. civil

SOPECATE

Sondagens e Fundações

Rua do Arsenal, 146-2.º Esq.

Telefone 3 4010 LISBOA

Estaca moldada e ensaio da mesma a 130 Ton.

Fundações para Armazéns de Clinker da CIBRA

Indústrias Eléctricas

Centralizando numa única empresa — Indústrias Eléctricas Associadas — INEL os seus serviços técnico-comerciais, uma grande organização belga, os A. C. E. C. de Charleroi e as duas maiores fábricas portuguesas de material eléctrico. EFA e SOPREL, esperam poder resolver os mais variados problemas de apetrechamento eléctrico nacional com a maior utilização possível de material fabricado no País.

Da colaboração entre uma das maiores organizações da indústria eléctrica europeia os A. C. E. C. — Ateliers de Constructions Eléctriques de Charleroi e industriais e capitalistas portugueses resultou a fundação no nosso país, há cerca de três anos, de duas empresas industriais que já hoje atingiram um desenvolvimento e uma posição no mercado que as classifica como as primeiras da sua especialidade.

As realizações da EFA — Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas e SOPREL — Sociedade de Obras e Projectos de Electricidade como fabricantes de motores eléctricos, transformadores e aparelhagem eléctrica e acessórios, são bem conhecidas e têm merecido, de entidades oficiais e particulares interessadas, palavras de elogio e encorajamento que honram a indústria nacional e que levaram estas empresas a procurar dar maior expansão à sua actividade, unindo os esforços das suas secções comerciais e ligando-as à representação em Portugal dos A. C. E. C.

Obtida também a comparticipação dos antigos representantes da A. C. E. C., a firma Nogueira, Limitada, foi fundada a Sociedade Indústrias Eléctricas Associadas — INEL — S. A. R. L. da qual fazem parte todas estas empresas.

Pode assim a INEL oferecer aos seus clientes uma gama mais extensa de produtos eléctricos e pôr à sua disposição secções técnicas especializadas que poderão aconselhá-los, sobre quaisquer problemas relativos a instalações eléctricas de distribuição em alta e baixa tensão, na montagem de máquinas e aparelhos eléctricos e, ainda, sobre as aplicações do material que fabricam as suas representadas. Da colaboração que assim se estabelece, resultarão, certamente, vantagens para os consumidores, que, por troca de pontos de vista com os próprios fabricantes podem encontrar as soluções económicas e técnicas mais vantajosas.

A INEL, ao anunciar a sua constituição espera poder vir a receber o mesmo confiado acolhimento com que têm sido distinguidas as empresas que representa.

A sede de

Indústrias Eléctricas Associadas — INEL — S. A. R. L.

é na **Rua Rodrigo da Fonseca, 76-4.º, em LISBOA,** Telefones n.ºs 5 5317 e 5 6582.

Os assuntos referentes à zona Norte poderão ser tratados com uma **Delegação no Norte** estabelecida na **Rua de Santa Catarina, 470, PORTO,** Tel. n.ºs 2 8841 e 2 8842.

Acaba de aparecer:

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

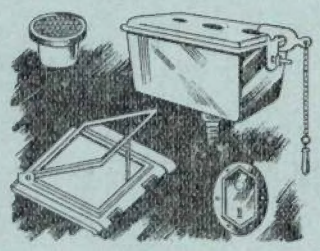
Pelo Eng.º FERNANDO VASCO COSTA

3.ª Edição ampliada e revista pelo autor e pelo Eng.º JOÃO D'ARGA E LIMA

Preço 120$00

Desconto de 10 % aos assinantes

PEDIDOS À «TÉCNICA»



MATERIAL EM FERRO FUNDIDO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

ALFREDO ALVES & C.ª (FILHOS)

EXPOSIÇÃO E VENDA:
ROQUEIRÃO DO DURO, 38
TELEFONE 64788 - LISBOA

Oficina e Laboratórios do INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

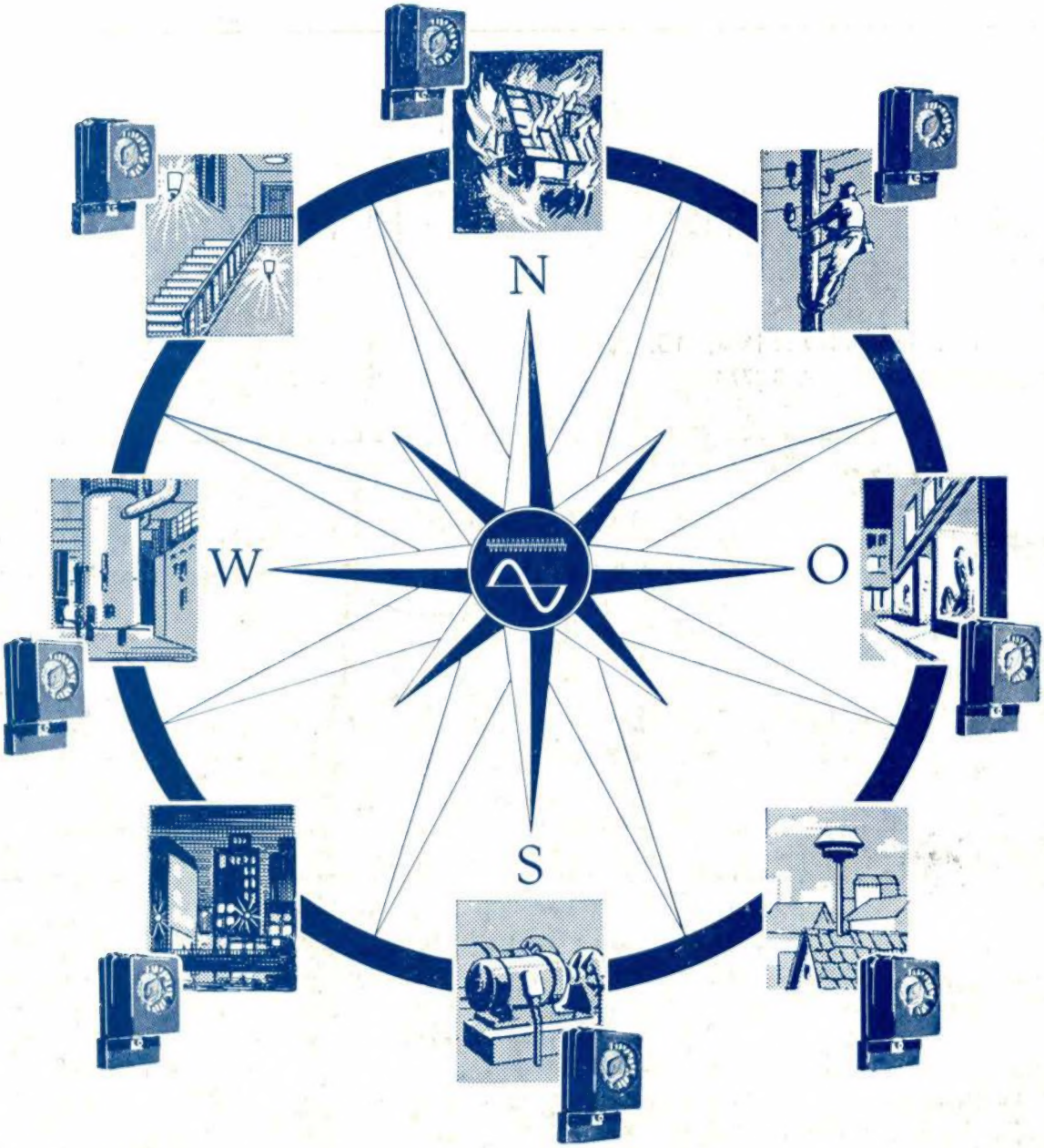
Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

Emprêsa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.°
TELEF. 3 2774

LISBOA



Aumentai o rendimento da vossa rede de distribuição • Reduzi as custosas pontas de carga

Telecomando centralizado Brown Boveri para

Mudança de tarifa de contadores. Iluminação pública. Paragem de aparelhos de aquecimento. Estações elevatórias. Businas de alarme. Alarme de Bombeiros. Alerta de equipas de reparação, etc.

sem fios pilotos — económico

S. A. BROWN, BOVERI & CIE BADEN — SUÍÇA

Representante em Portugal: EDOUARD DALPHIN

Rua de Sá da Bandeira, 481-2.º — PORTO

BROWN BOVERI